สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การติดตามวัตถุ

OBJECT TRACKING

นายนที เดยะดี
นางสาวมณีรัตน์ คลื่นสนั่น
นายสิทธิพร ถึกสกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61809
วัน,เดือน,ปี 21 ก.ค. 2549

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OBJECT TRACKING

NATHEE DEYADEE

MANEERAT KLEUNSANAN

SITTIPORN TUGSAGUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การติดตามวัตถุ

OBJECT TRACKING

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายนที	เดยะดี	รหัสประจำตัว	45015556
นางสาวมณีรัตน์	คลื่นสนั่น	รหัสประจำตัว	45015569
นายสิทธิพร	ถึกสกุล	รหัสประจำตัว	45015580

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ. เกษตร ศิริสันติสัมฤทธิ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพุธที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2548

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การติดตามวัตถุ
	OBJECT TRACKING
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายนที เดยะดี
	นางสาวมณีรัตน์ คลื่นสนั่น
	นายสิทธิพร ถึกสกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์
ปีการศึกษา	2547

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการติดตามวัตถุโดยใช้พีซีแคม (PC-camera) เมื่อมีวัตถุเข้ามาในระยะขอบเขตการมองเห็นของกล้องก็จะถูกเก็บภาพโดยพีซีแคมและถูกติดตามโดยวิธีที่นำเสนอ โครงสร้างของระบบประกอบด้วย พีซีแคม 1 ตัวสำหรับเก็บภาพวัตถุ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและเซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัว เพื่อควบคุมตำแหน่งของกล้องผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาพที่ถูกเก็บโดยกล้องพีซีแคม จะถูกวิเคราะห์เพื่อหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ ด้วยเหตุนี้ภาพจะถูกประมวลผลโดยขั้นตอนต่อไปนี้ การลบกันของภาพ การเลือกเธร็ชโฮลด์อัตโนมัติ การทำลอจิกแอนด์ การกรองสัญญาณรบกวน การขยายภาพโดยวิธีไดเลชั่นและคำนวณหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ ภายหลังจากได้จุดศูนย์กลางของวัตถุแล้ว คอมพิวเตอร์ส่งค่าพัลส์ไปที่เซอร์โวมอเตอร์โดยผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ กล้องที่ถูกยึดอยู่บนตัวเซอร์โวมอเตอร์ก็จะหมุนไปจนกระทั่งวัตถุที่กำลังติดตามอยู่ตรงกึ่งกลางของจอแสดงผล ผลของการทดลองแสดงว่าเทคนิคและวิธีการที่นำเสนอสามารถติดตามวัตถุที่เข้ามาในขอบเขตของการมองเห็นของกล้องได้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Object Tracking
Authors	Mr. Nathee Deyadee
	Miss Maneerat Kleunsanan
	Mr. Sittiporn Tugsagul
Thesis Advisor	Associate Professor Kaset Sirisantisamrid
Year	2004

ABTRACT

This thesis presents the object tracking using a PC-camera. The object come into the perceptible range of camera is captured by the PC-camera and tracked by the proposed technique. The system configuration consists of one PC-camera for capture the object, personal computer and two servomotors to control the position of camera via a microcontroller. The image captured by camera is analyzed to determine the center point of gravity (CG) of the object. Thereby, the image is processed by the following procedure different operator, automatic threshold selection, AND operator, noises filter dilation and calculate the CG point is obtained, the personal computer sends the number of pulses to the servomotors via the microcontroller. The camera mounted on servomotors is rotated until the tracking object place on the center of image. The experimental result show that the proposed technique can be tracked the object that came into the perceptible range of camera.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เพราะได้รับความเมตตาจาก รศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้ทำวิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ นอกจากนี้ยังขอขอบคุณอาจารย์เชื้อ นกอยู่ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียมิได้ก็คือ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ อันเป็นที่รักยิ่ง ที่ให้การสนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจในการทำวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีการประมวลผลภาพเบื้องต้น.....3

2.1 กล่าวนำ.....3

2.2 ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image).....3

2.3 การทำภาพให้คมชัด (Image Enhancement).....3

2.3.1 แผนภูมิแท่ง (Histogram).....3

2.3.2 ฮีสโตแกรมอีควอไลเซชั่น (Histogram Equalization).....4

2.4 การทำภาพไบนารี่ (Binary).....10

2.4.1 รูปแบบในการทำเธร็ชโฮลด์.....10

2.4.2 วิธีการหาค่าเธร็ชโฮลด์.....10

2.5 การกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise reduction).....12

2.5.1 การกรองแบบค่าเฉลี่ย (Average filtering).....13

2.5.2 การกรองแบบมัธยฐาน (Median filtering).....13

2.6 การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ (Center of Mass).....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 โครงสร้างของระบบการติดตามวัตถุ.....16

3.1 กล่าวนำ.....16

3.2 โครงสร้างพื้นฐานของระบบการติดตามวัตถุ.....16

3.3 โครงสร้างทางด้าน Hard Ware.....17

3.3.1 ชุดวงจรในการควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์.....17

3.3.2 ชุดขาตั้งกล้อง.....18

3.3.3 การสอบเทียบกล้องเพื่อนำมาคำนวณค่าพัลส์.....19

3.4 โครงสร้างทางด้าน Soft Ware.....20

3.4.1 Soft Ware ส่วนของโปรแกรมการประมวลผลภาพ.....20

3.4.2 โปรแกรมการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....22

3.4.3 ขั้นตอนในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....22

บทที่ 4 ทฤษฎีทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hard Ware) ที่เกี่ยวข้อง.....24

4.1 กล่าวนำ.....24

4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC.....24

4.2.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A.....25

4.2.2 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A.....27

4.2.3 หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84A.....27

4.2.4 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านพอร์ตสื่อสารข้อมูล RS-232.....29

4.2.5 สาเหตุที่เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A.....32

4.3 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor).....32

4.3.1 ลักษณะทางโครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์.....33

4.3.2 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์.....34

4.3.3 สาเหตุที่เลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์.....36

4.4 กล้องดิจิตอลพอร์ต USB.....36

4.4.1 คุณสมบัติทั่วไปของกล้องดิจิตอล USB ที่เลือกใช้.....36

4.4.2 สาเหตุที่เลือกใช้กล้องดิจิตอล USB.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 ทฤษฎีทางด้านซอฟท์แวร์และการทำงานของระบบการติดตามวัตถุ.....38

5.1 กล่าวนำ.....38

5.2 โปรแกรม MATLAB.....38

5.3 โปรแกรม Visual Basic 6.0.....39

5.3.1 จุดเด่นของ Visual Basic 6.....39

5.3.2 สาเหตุที่เลือกใช้โปรแกรม Visual Basic 6.....40

5.4 ขั้นตอนในการติดตามวัตถุ.....40

5.4.1 รับภาพเข้ามาจากกล้อง 2 ภาพในเวลาที่ต่างกัน.....41

5.4.2 หาความแตกต่างของภาพโดยวิธีการลบกันแบบจุดต่อจุด.....41

5.4.3 เลือกค่าเธร็ชโฮลด์ด้วยโปรแกรม MATLAB.....42

5.4.4 นำภาพที่เป็นไบนารี่มาทำการแอนด์กัน (And Operator).....43

5.4.5 การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยการกรองแบบมัธยฐาน (Median filterin)...44

5.4.6 ขยายภาพโดยการไดเลชั่น (Dilation).....45

5.4.7 หาค่าศูนย์กลางของวัตถุ.....46

บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง.....49

6.1 กล่าวนำ.....49

6.2 การทดลองการทำงานของชุดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้อง.....49

6.3 ผลการทดลองการทำงานของชุดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้อง.....52

6.4 การทดลองการทำงานของระบบการติดตามวัตถุ.....53

6.4.1 การทดลองโปรแกรมในส่วนการติดตามวัตถุ.....53

6.4.2 หน้าต่างของโปรแกรมในส่วนการติดตามวัตถุ.....47

6.5 การทดลองโปแกรมในส่วนของการติดตามวัตถุ.....56

6.5.1 การทดลองการติดตามวัตถุที่เป็นลูกบอลที่เคลื่อนที่.....56

6.5.2 ผลการทดลองในกรณีที่วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นลูกบอล.....63

6.5.3 การทดลองการติดตามวัตถุเป็นคนที่เคลื่อนที่.....64

6.5.4 ผลการทดลองในกรณีที่วัตถุที่คนที่เคลื่อนที่.....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง ปัญหา และข้อเสนอแนะ.....73

7.1 สรุปผลการทดลอง.....73

7.2 ปัญหาและอุปสรรคจากการทำวิจัย.....73

7.3 ข้อเสนอแนะ.....73

บรรณานุกรม.....75

ภาคผนวก.....76

ภาคผนวก ก.....77

ภาคผนวก ข.....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

6.1 ตารางแสดงผลการติดตามวัตถุซึ่งวัตถุเป็นลูกบอล.....61
6.2 ตารางแสดงค่าจากการติดตามวัตถุซึ่งวัตถุเป็นลูกบอล.....62
6.3 ตารางแสดงผลการติดตามวัตถุซึ่งวัตถุเป็นบุคคล.....69
6.4 ตารางแสดงค่าจากการติดตามวัตถุซึ่งวัตถุเป็นบุคคล.....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงฮีสโตแกรม.....3

2.2 ภาพตัวอย่างการทำเอ็นฮานซ์เมนท์.....6

2.3 กราฟฮีสโตแกรมของ $P(x,y)$, $Q(x,y)$ กรณี Lower part.....7

2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ $Q(x,y)=2...\ P(x,y)$ 7

2.5 กราฟฮีสโตแกรมของ $P(x,y)$, $Q(x,y)$ กรณี Higher part.....8

2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ $Q(x,y)=2\,P(x,y)$ -255.....8

2.7 กราฟฮีสโตแกรมของ $P(x,y)$, $Q(x,y)$ กรณี Middle part of an image.....9

2.8 กราฟความสัมพันธ์ของ $Q(x,y)=(255/(n-m))P(x,y)-255 \times m/(n-m)$ 9

2.9 รูปแสดงฮีสโตแกรมที่มีเธร็ชโฮลด์ค่าเดียว(single threshold)..... 10

2.10 รูปแสดงฮีสโตแกรมที่มีเธร็ชโฮลด์ 2 ค่า (multiplethresholds)..... 10

2.11 หน้าต่างขนาด 3 x 3 ที่บรรจุค่าคงที่ไว้.....13

2.12 การกรองแบบมัธยฐาน.....14

3.1 โครงสร้างการทำงานพื้นฐานของระบบการติดตามวัตถุ.....16

3.2 ชุดวงจรในการควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์.....17

3.3 แสดงลักษณะวงจรที่ใช้ควบคุมตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์.....18

3.4 แสดงชุดขาตั้งกล้องในโครงงานการติดตามวัตถุ.....19

3.5 แสดงลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมการประมวลผลภาพ.....20

3.6 แสดงกระบวนการหาจุดศูนย์กลางภาพ 21

4.1 ไดอะแกรมแสดงสถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ดของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC.....24

4.2 ไดอะแกรมแสดงกระบวนการไปป์ไลน์ที่ใช้ในไมโครคอนโทรเลอร์ PIC.....25

4.3 แสดงไดอะแกรมของขา PIC 16F84A.....26

4.4 รูปแสดงไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A..... 26

4.5 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84A.....28

4.6 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84A.....28

4.7 แสดงลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของการอินเทอร์เฟสแบบ RS-232C.....29

4.8 แสดงพอร์ต RS-232 และตำแหน่งขา.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.9 แสดงการต่อสายสัญญาณแต่ละขาของ RS-232.....30
4.10 แสดงย่านแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232.....31
4.11 ส่วนประกอบต่างๆของ Servo Motor.....33
4.12 ลักษณะทางโครงสร้างของ Servo Motor.....33
4.13 แสดงความกว้างของพัลส์และทิศทางการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์.....35
5.1 แสดงขั้นตอนของการติดตามวัตถุ.....39
5.2 แสดงภาพที่รับมาจากกล้องเฟรมที่ 1 และเฟรมที่ 2.....41
5.3 แสดงภาพ 2 เฟรมแรกหลังจากทำการลบกันแล้ว.....42
5.4 (ก) แสดงฮีสโตแกรมระดับสีเทาของภาพที่ลบกันแล้ว
(ข) แสดงฮีสโตแกรมระดับสีเทาของภาพเฟรมที่ 2.....43
5.5 (ก) แสดงภาพหลังจากทำการตัดเธร็ชโฮลด์แล้วของภาพที่ลบกันแล้ว
(ข) แสดงภาพหลังจากทำการตัดเธร็ชโฮลด์แล้วของภาพที่ 2.....43
5.6 แสดงภาพภายหลังจากทำการแอนด์กันแล้ว.....44
5.7 แสดงภาพหลังจากทำการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้ว.....44
5.8 แสดงลักษณะตัวกระทำโครงสร้างพื้นฐานแบบดิสก์ (Disks Structuring Element).....46
5.9 แสดงภาพหลังจากทำการการไดเลชั่น (Dilation).....46
5.10 แสดงภาพที่แสดงขอบเขตของวัตถุในรูปของพิกเซล.....47
6.1 แสดงแอพพลิเคชั่นที่สร้างขึ้นทำการทดลองการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้อง.....50
6.2 รูปแสดงการเลื่อนเมาท์ไปทางซ้ายและขวาและการส่งค่ากลับซึ่งเป็นการทดลองการหมุนของเซอร์มอเตอร์ในแนวแกน x.....50
6.3 รูปแสดงการเลื่อนเมาท์ขึ้นลงและการส่งค่ากลับซึ่งเป็นการทดลองการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ในแนวแกน y.....51
6.4 รูปแสดงการทดลองการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้องในระนาบ x-y และส่งค่าตำแหน่งกลับ.....52
6.5 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมในส่วนของการติดตามวัตถุ.....55
6.6 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพปัจจุบันในการติดตามลูกบอล.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

6.7 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพก่อนหน้าและภาพปัจจุบันของโปรแกรมการติดตามลูกบอล 57
6.8 แสดงขั้นตอนของการประมวลผลภาพของโปรแกรม Image Cal ในโปรแกรม MATLAB.....58
6.9 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพตำแหน่งของลูกบอล.....59
6.10 แสดงภาพโปรแกรมแสดงการตรวจจับตำแหน่งของลูกบอล.....59
6.11 แสดงภาพการเคลื่อนที่ของกล้องที่กำลังติดตามลูกบอล.....60
6.12 รูปแสดงทิศทางการติดตามลูกบอลที่มีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง.....63
6.13 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพปัจจุบันในการติดตามคนที่เคลื่อนที่.....64
6.14 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพก่อนหน้าและภาพปัจจุบันของโปรแกรมการติดตามคนที่เคลื่อนที่.....65
6.15 แสดงขั้นตอนของการประมวลผลของโปรแกรม Image Cal ในโปรแกรม MATLAB.....66
6.16 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพตำแหน่งของลูกบอล.....50
6.17 แสดงภาพโปรแกรมแสดงการตรวจจับตำแหน่งของลูกบอล.....67
6.18 แสดงภาพการเคลื่อนที่ของกล้องที่กำลังติดตามลูกบอล.....68
6.19 แสดงทิศทางการติดตามคนที่มีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง.....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจในการทำวิจัย

ในอดีตและปัจจุบันนี้ระบบการรักษาความปลอดภัยโดยทั่วไป มักจะมีการใช้งานกล้องโทรทัศน์วงจรปิด สำหรับการบันทึกภาพเหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลาเพื่อตรวจสอบ ความเคลื่อนไหวของบุคคลหรือสิ่งของในสถานที่ต่างๆ หากแต่การใช้กล้องโทรทัศน์วงจรปิดเพียงตัวเดียว ติดตั้งไว้ในที่ใดที่หนึ่งอย่างคงที่ ย่อมทำให้สามารถมองเห็นภาพได้ในมุมมองที่จำกัดและไม่ทั่วถึงจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้กล้องโทรทัศน์วงจรปิดหลายตัววางในจุดต่างๆเพื่อให้สามารถเก็บรายละเอียดได้ครอบคลุมทั่วทั้งบริเวณที่ต้องการ

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีความคิดการทำวิจัยในเรื่องของระบบการติดตามวัตถุขึ้น เพื่อนำมาใช้งานแทนกล้องโทรทัศน์วงจรปิด ซึ่งในกรณีที่เราให้ความสนใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่กำลังเคลื่อนที่ในบริเวณที่จำกัดนั้น เราสามารถที่จะสร้างระบบการติดตามวัตถุได้ โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของกล้องบันทึกภาพระบบดิจิตอลหรือ PC-Cam เพียง 1 ตัว เซอร์โวมอเตอร์และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโดยสามารถที่จะให้มุมมองได้ทั่วถึงได้เช่นกัน เมื่อติดตั้งกล้องตัวนี้ไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสม อีกทั้งระบบการติดตามวัตถุนี้ยังมีความสามารถและประโยชน์ในแง่อื่นๆอีก นอกเหนือจากการประหยัดในการใช้อุปกรณ์และค่าใช้จ่ายแล้ว อาทิเช่น ความคงทนและความประหยัดเนื้อที่ในการเก็บบันทึกข้อมูลด้วยการบันทึกลงในฮาร์ดดิสก์แทนการบันทึกลงในม้วนเทปแบบเดิมความสะดวกในการควบคุมการติดตามการเคลื่อนที่อย่างอัตโนมัติ ผ่านทางโปรแกรมประมวลผลที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์โดยในการทำวิจัยนี้ได้ใช้ MATLAB และ Microsoft Visual-Basic เป็นโปรแกรมที่เขียนเพื่อทำการประมวลผล ตลอดถึงความเหมาะสมที่สามารถที่จะพัฒนารูปแบบการทำงานเพิ่มเติมได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างหลากหลาย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้นำเสนอในเรื่องของการศึกษาและการออกแบบระบบการติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ โดยอาศัยการประยุกต์ใช้ความรู้ที่จำเป็นและเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นความรู้ในเรื่องของการเขียนโปรแกรมประมวลผลภาพและควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตลอดจนความรู้ทางด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาและออกแบบการทำงานของระบบการติดตามวัตถุ (Object Tracking)
2. เขียนโปรแกรมเพื่อให้มีการประมวลผลภาพที่รับเข้ามาจากกล้องดิจิตอล (Digital Camera) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อให้โปรแกรมสามารถประมวลผลเพื่อหาจุดศูนย์กลางของวัตถุที่ผ่านเข้ามายังขอบข่ายการมองเห็นของกล้อง

4. เพื่อติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ในระนาบ x-y

5. เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

6. ทำการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ กล้อง เซอร์โวมอเตอร์ วงจรฮาร์ดแวร์และโปรแกรม เพื่อให้ทำงานสัมพันธ์กับระบบการติดตามวัตถุ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. เข้าใจและสามารถอธิบายหลักการในการติดตามวัตถุได้

2. สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพที่รับเข้ามาจากกล้องดิจิตอลได้

3. โปรแกรมสามารถหาจุดศูนย์กลางของวัตถุที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้

4. สามารถติดตามวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ได้ด้วยเซอร์โวมอเตอร์

5. สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และเซอร์โวมอเตอร์ได้

6. สามารถติดต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการติดตามวัตถุให้สามารถทำงานสัมพันธ์กันได้

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 7 บท ด้วยกัน โดยมีรายละเอียดแต่ละบทดังนี้

บทที่ 1 เป็นการกล่าวนำและวัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์และขอบเขตของการศึกษา

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีการประมวลผลภาพเบื้องต้น

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงโครงสร้างของการติดตามวัตถุ

บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีด้าน Hard Ware ที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 5 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีด้าน Soft Ware และ Algorithm

บทที่ 6 เป็นการกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง ปัญหา และข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีการประมวลผลภาพเบื้องต้น

2.1 กล่าวนำ

ในการประมวลผลภาพเบื้องต้นนั้นสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนการที่จะนำข้อมูลภาพมาทำการวิเคราะห์ก็คือ คุณภาพของภาพซึ่งควรจะเป็นภาพที่มีความละเอียดและความคมชัดมากที่สุด แต่ในความเป็นจริงแล้วอาจจะมีสัญญาณรบกวน (noise) ปะปนเข้ามากับข้อมูลภาพ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องตัดสัญญาณรบกวนนั้นออกไป มีวิธีการทำหลายอย่างเช่นการทำให้ภาพราบเรียบ (smoothing) หรือใช้ตัวกรองสัญญาณ (filter) สำหรับภาพที่มีความคมชัดอยู่แล้วนั้นขั้นตอนนี้ก็ไม่มีความจำเป็น อีกทั้งยังช่วยให้การประมวลผลเร็วขึ้น

2.2 ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image)

ภาพของวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งหรือมีการเคลื่อนที่นั้น เมื่อกล้องดิจิตอลรับภาพเข้ามาแล้วภาพที่ได้จะเป็นภาพระดับดำสีเทา (Gray scale) ซึ่งมีขนาด 320x240 พิกเซล โดยที่มีระดับความเข้มของภาพ 256 ระดับ และสามารถที่จะพิจารณาในรูปของพิกัด x,y เป็นคู่ลำดับในรูปเมตริกซ์ ได้

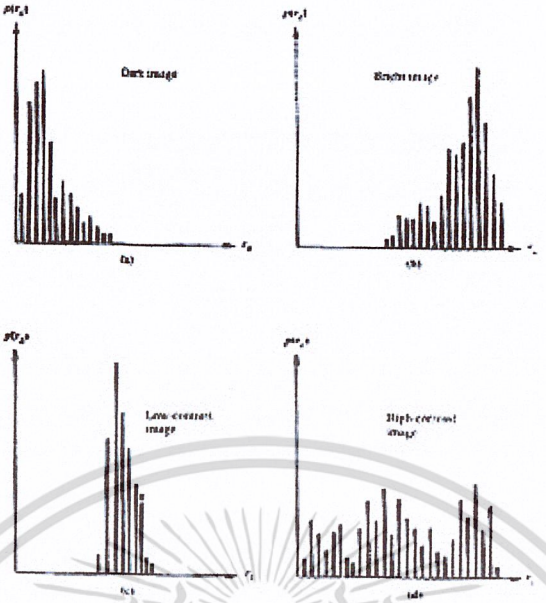
2.3 การทำให้ภาพคมชัด (Image Enhancement)

การทำเอ็นฮานซ์เม้นท์ภาพคือการปรับปรุงภาพให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้นและมีความคมชัดมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีหลายวิธีดังนี้

2.3.1 แผนภูมิแท่ง (Histogram)

ภาพที่มีประสิทธิภาพย่อมส่งผลให้การประมวลผลภาพดียิ่งขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเข้มของจุดภาพ แต่ปัญหาที่พบบ่อยครั้ง คือการสูญหายของข้อมูลภาพ จึงจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของภาพให้มีความคมชัดขึ้น เพื่อเป็นการยกระดับและเน้นจุดสนใจของภาพ โดยในวิธีการนี้ต้องคำนึงถึงการกระจายทางสถิติของข้อมูลตัวเลขของจุดภาพ สามารถตรวจสอบได้ด้วยกราฟฮีสโตแกรม ซึ่งได้จากการนับจำนวนจุดภาพที่มีระดับสีเทาต่างๆ หรือความถี่ของระดับสีเทาต่างๆ ในภาพนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงฮีสโตแกรม (a) ภาพที่มีความมืดมาก (b) ภาพที่มีความสว่างมาก (c)ภาพที่มีความคมชัดมาก (d) ภาพที่มีความคมชัดสูง

ในรูปที่ 2.1 (d) นั้นเป็นการแสดงฮีสโตแกรมที่มีการกระจายระดับสีเทาอย่างสม่ำเสมอกัน ทำให้รายละเอียดของความชัดเจนและถูกต้องมากขึ้นซึ่งเป็นฮีสโตแกรมที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ พิจารณารูปที่2.1 (c) จะเห็นว่าภาพมีลักษณะการกระจายของระดับสีเทาที่ไม่มีความสม่ำเสมอกัน ส่งผลให้ขาดความละเอียดของภาพบางส่วนไป ภาพที่ได้จะเป็นภาพที่มืดมากเกินไปทำให้การแยกแยะจุดสำคัญออกได้ยากไม่เหมาะที่จะนำมาทำการตรวจสอบจึงจำเป็นที่จะต้องกระจายระดับสีเทาให้เหมาะสม แม้อาจทำให้ความละเอียดของภาพบางส่วนขาดหายไป

จึงกล่าวได้ว่าฮีสโตแกรมที่แสดงระดับสีเทาของภาพ มีประโยชน์ในการใช้แสดงลักษณะของภาพที่รับเข้ามา ในการที่จะปรับระบบการถ่ายภาพหรือจัดแสงให้เหมาะสมเพื่อให้อยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม หรือให้ข้อมูลของฮีสโตแกรมนี้ทำการเปลี่ยนข้อมูลตัวเลขใหม่เพื่อให้ได้ภาพที่มีความเด่นชัดตรงกับการนำไปใช้ และยังนำไปสู่การเลือกค่าเธร็ชโฮลด์ที่มีประสิทธิภาพ

2.3.2 ฮีสโตแกรมอีควอไลเซชั่น (Histogram Equalization)

คือการแปลงค่าอัตราความแตกต่างแบบไม่เชิงเส้นให้เป็นอัตราความแตกต่างแบบเชิงเส้น โดยการกระจายความหนาแน่นของข้อมูลให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วง ซึ่งวิธีนี้จะทำให้อัตราความแตกต่างของภาพสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ตัวแปร r คือระดับสีเทาหรือค่าตัวเลขของข้อมูลภาพโดยถูกนอร์มอลไลซ์ (Normalized) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ($0 < r < 1$) เนื่องจากต้องการกระจายค่าระดับสีเทาให้มีการกระจายที่สม่ำเสมอ และ T(r) คือค่าการแปลงข้อมูลใหม่ให้มีค่าเป็น S นั่นคือ

$$S = T(r) \tag{2.1}$$

T(r) คือ ความสัมพันธ์ที่นำมาใช้ช่วยในการกระจายกราฟฮีสโตแกรม

S คือ ความสัมพันธ์ของกราฟฮีสโตแกรมหลังการกระจายด้วย T(r)

คุณสมบัติของ T(r) คือจะเป็นฟังก์ชั่นค่าเดียวที่มีการเพิ่มทิศทางเดียวโดยค่า T(r) จะอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 เช่นกันในการแปลงกลับจาก S ไปหา r ทำได้โดย

$$r = T^{-1}(s) 0 < s < 1 \tag{2.2}$$

เมื่อ $T^{-1}(s)$ มีคุณสมบัติเหมือน $T(s)$

พิจารณาค่าระดับสีเทาของภาพซึ่งเป็นปริมาณแบบแรนดอม (Random quantities) ค่าจะอยู่ในช่วง (0 , 1) ถ้าสมมุติว่าค่าระดับสีเทามีลักษณะแบบต่อเนื่อง ให้ Pr(r) และ Pr(s) เป็น Probability density function ของข้อมูลและทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเดิม จากทฤษฎีของความน่าจะเป็นถ้าหากทราบค่าของ Pr(r) และ T(r)
จะได้ว่า

$$P_s(s) = [\Pr(r)(dr/ds)]_{r = T^{-1}(s)} \tag{2.3}$$

เมื่อพิจารณาถึงฟังก์ชั่นของการเปลี่ยนแปลง

$$s = T(r) \qquad 0 < r < 1 \tag{2.4}$$

ดังนั้นอนุพันธ์ของ s เทียบกับ r จะได้

$$ds/dr = \Pr(r) \tag{2.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าสมการ (2.5) ลงใน (2.3)

$$P_s(s) = [\Pr(r)(1/P_r(r))]_r = T^{-1}(s) \qquad (2.6)$$
$$= [1]_r = T^{-1}(s)$$
$$= 1$$

จะพบว่าเมื่อผ่านการแปลงแล้วตัวแปร s จะทำให้การกระจายสม่ำเสมอในระบบการประมวลผลภาพข้อมูลตัวเลข ความน่าจะเป็นของระดับสีเทาสามารถเขียนได้เป็น

$$P_r(r_k) = n_k / n \qquad 0 < r_k < 1 \qquad (2.7)$$

เมื่อ

K คือ ค่าระดับสีเทา 0,1,2,...L-1

L คือ จำนวนระดับสีเทาของภาพ

$P_r(r_k)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นในการเกิดจุดภาพที่ระดับสีเทา

n_k คือ จำนวนจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเท่ากับ k

n คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมด

จากสมการของ $P_r(r_k)$ กราฟที่ได้คือ ฮีสโตแกรม และจากสมการ (2.1) จะได้เป็น

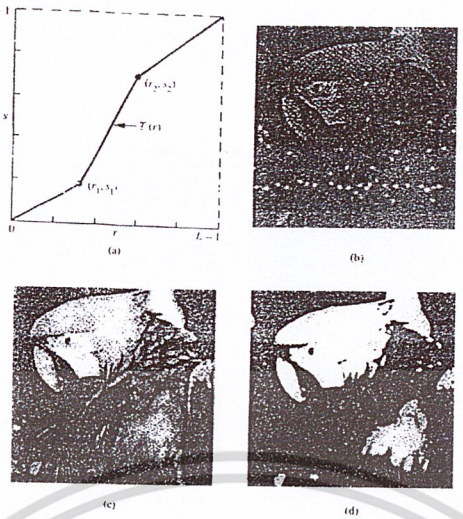
$$P_r(r_k) = n_k / n$$
$$= SJ = 0\text{^}n_j / n$$
$$= SJ = 0\text{^}kP_r(r_j) \qquad (2.8)$$

เมื่อ $0 < r_k < 1$ และ k = 0,1,2...L-1

และการแปลงกลับทำได้โดย

$$r_k = T^{-1}(S^k) \qquad \text{เมื่อ} \quad 0 < s < 1 \qquad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ภาพตัวอย่างการทำเอ็นฮานซ์เมนท์ (a) คือกราฟของสมการ T_r (b) คือภาพจริง (c) ภาพหลังการปรับให้มีความคมชัดมากขึ้น (d) ภาพหลังการเอ็นฮานซ์เมนท์และเลือกค่าเธร็สโฮลด์ของภาพแล้ว

ซึ่งประสิทธิภาพของวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะฮีสโตแกรมของภาพเดิม และการปรับปรุงภาพด้วยวิธีนี้ควรกระทำเป็นกระบวนการสุดท้าย เพราะเทคนิคในการปรับปรุงความแตกต่างของภาพนี้จะทำให้ข้อมูลเกิดความผิดเพี้ยนไปจากข้อมูลเดิม

ฮีสโตแกรมอีควอไลเซชั่น (Histogram Equalization) ที่ใช้ในลักษณะนี้เป็นการกระจายความเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้น (Linear density conversion) แต่มีวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันออกไป โดยมีวิธีการดังนี้

$$Q(x,y) \longleftarrow (a(P(x,y))+b \qquad (2.10)$$

ให้ $P(x,y)$ คือ ค่าระดับสีเทาของภาพที่จุดพิกัด x , y ใดๆก่อนการแปลงค่า

$Q(x,y)$ คือการแปลงค่าระดับสีเทาที่จุดพิกัด x , y ใดๆหลังการแปลงค่า

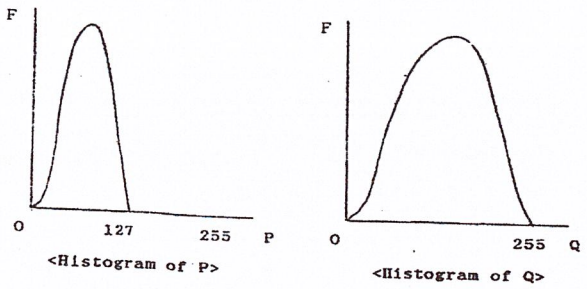
a คืออัตราขยาย(Gain) และ b คือค่า offset

โดยที่ $0 < P(x,y) < 255$ $0 < Q(x,y) < 255$

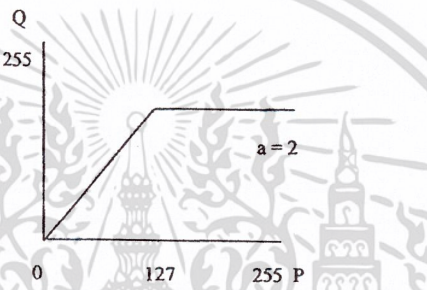
โดยมีการพิจารณา 3 ลักษณะดังนี้

1.) ความถี่ส่วนใหญ่อยู่ทางซ้ายของกราฟฮีสโตแกรม (Enhance of the lower of an image) สมมุติให้ a = 2 และค่า offset = 0 โดยตัวภาพที่ได้จะมีลักษณะมืด ซึ่งสมการที่ใช้ในลักษณะนี้จะเพิ่มความสว่างของภาพให้มากขึ้น โดยจะมีการกระจายภาพไปทางขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

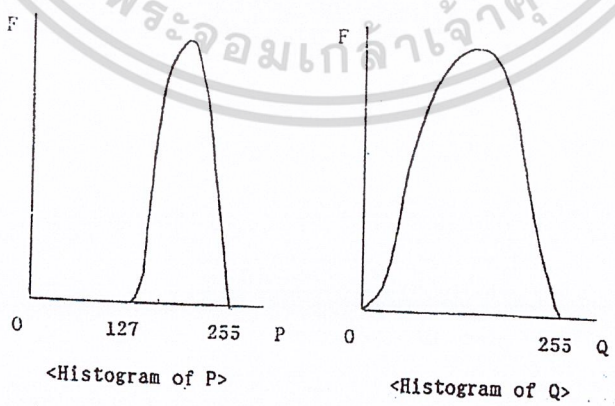


รูปที่ 2.3 กราฟฮีสโตแกรมของ $P(x,y)$, $Q(x,y)$ กรณี Lower part



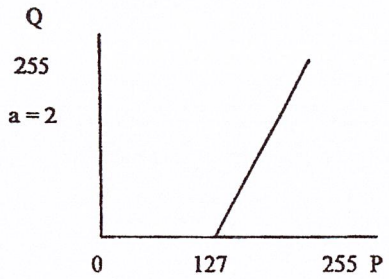
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ $Q(x,y) = 2\,P(x,y)$

2.) ความถี่ส่วนใหญ่อยู่ทางขวามือของกราฟฮีสโตแกรม (Enhancement of higher part of image) โดยให้ค่า a = 2 และ b = -255 โดยภาพที่ได้จะมีลักษณะสว่างจ้า เพื่อทำการลดความสว่างลง โดยสมการนี้จะทำการกระจายเพื่อเพิ่มความคมชัดทากยิ่งขึ้น



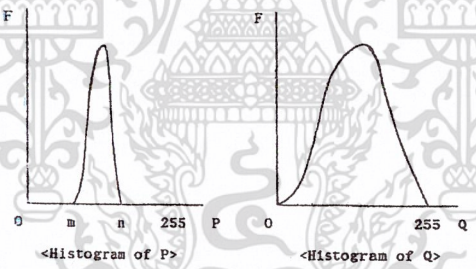
รูปที่ 2.5 กราฟฮีสโตแกรมของ $P(x,y)$, $Q(x,y)$ กรณี Higher part

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

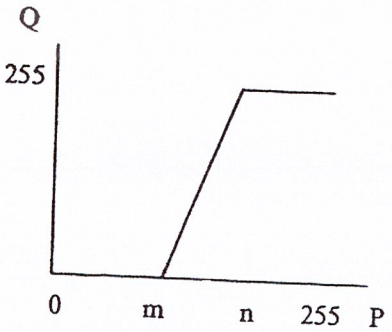


รูปที่ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ $Q(x, y) = 2\,P(x, y)$ -255

3.) ความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในกราฟช่วงหนึ่งของกราฟฮีสโตแกรม (Enhancement of the middle part of an image) The middle part m : m <= P <= n a = 255/(n – m) b = -255 x m / (n – m) ภาพที่มีความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงกลางๆ หรือช่วงใดช่วงหนึ่ง ภาพจะมีความคมชัด (Contrast) ต่ำ ทำให้ภาพที่ได้แสดงรายละเอียดไม่ชัดเจน สมการที่ใช้จะช่วยให้มีการกระจายที่สม่ำเสมอกันได้



รูปที่ 2.7 กราฟฮีสโตแกรมของ $P(x, y)$, $Q(x, y)$ กรณี Middle part of an image



รูปที่ 2.8 กราฟความสัมพันธ์ของ $Q(x, y) = (255 / (n – m))P(x,y) – 255 x m / (n – m)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง 3 วิธีนี้ สามารถนำไปใช้กับภาพในแต่ละกรณี ซึ่งจะได้ภาพที่มีความคมชัดและรายละเอียดของภาพมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้การประมวลผลดียิ่งขึ้น

2.4 การทำภาพไบนารี่ (Binary)

จากขั้นตอนการทำงานที่เริ่มจากกล้องทำการถ่ายภาพเข้ามา ข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าระดับความเข้มระดับสีเทา เป็นข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผล โดยในขั้นตอนนี้จะทำการเปลี่ยนระดับความเข้มสีเทาของข้อมูลจาก 256 ระดับ ให้เป็นความเข้มสีเทาเพียง 2 ระดับ โดยนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนภูมิแท่ง (Histogram) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสีเทา (gray) กับจำนวนจุดภาพ (frequency) เพื่อใช้ในการดูกลุ่มข้อมูล ซึ่งเราสามารถแบ่งค่าออกเป็น 2 ระดับ (Binary image) โดยการเลือกค่าเธร็ชโฮลด์ (Threshold) ซึ่งในโครงงานนี้จะหาค่าเธร็ชโฮลด์มา เพื่อกำหนดการสร้างภาพแบบไบนารี่ซึ่งสามารถแยกวัตถุออกจากภาพได้โดยข้อมูล 1 บิต คือข้อมูล 1 และ 0

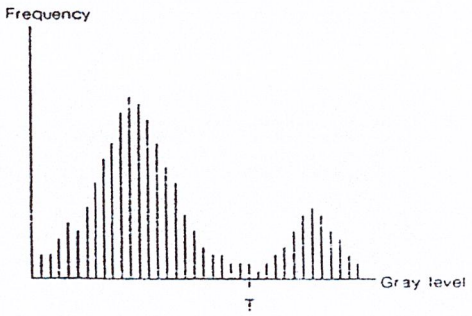
2.4.1 รูปแบบในการทำเธร็ชโฮลด์

ภาพที่มีระดับความเข้มของจุดภาพของส่วนที่เป็นวัตถุและจุดภาพของจุดที่ส่วนของพื้นหลังแตกต่างกันอย่างชัดเจนและมีความสม่ำเสมอตลอดทั้งภาพ สามารถใช้ค่าเธร็ชโฮลด์เพียงค่าเดียวในการทำเซกเมนต์กับแต่ละจุดภาพทั่วทั้งภาพก็ได้ เรียกการทำเธร็ชโฮลด์แบบนี้ว่า การทำเธร็ชโฮลด์แบบครอบคลุม (Global Thresholding) แต่ถ้าภาพนั้นมีระดับความเข้มไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้นในส่วนของวัตถุหรือพื้นหลังหรือในทั้ง 2 ส่วน การใช้ค่าเธร็ชโฮลด์เพียวค่าเดียวตลอดทั้งภาพย่อมไม่เหมาะสมกับภาพนั้น ในกรณีนี้ค่าเธร็ชโฮลด์ที่ดีควรมีการปรับเปลี่ยนค่าไปตามตำแหน่งของจุดภาพนั้นได้ คือการใช้ค่าเธร็ชโฮลด์ที่ต่างกันสำหรับจุดภาพที่ตำแหน่งต่างกัน และเรียกการทำเธร็ชโฮลด์ลักษณะดังกล่าวนี้ว่า การทำเธร็ชโฮลด์แบบปรับค่า (Adaptive Thesholding)

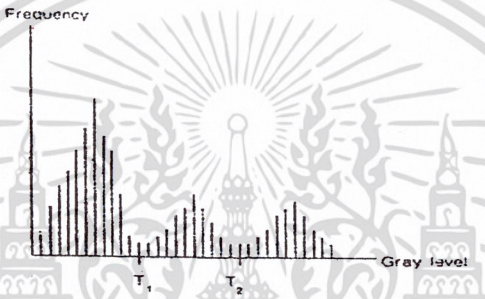
2.4.2 วิธีการหาค่าเธร็ชโฮลด์

เธร็ชโฮลด์เป็นค่าที่ใช้ในการแบ่งแยกวัตถุ (object) และส่วนฉาก (back ground) ออกจากกัน เพื่อที่จะแปลงค่าระดับสีเทาของภาพให้เป็นไบนารี่ โดยกำหนดให้ส่วนวัตถุเป็น 1 (white) และส่วนฉากเป็น 0 (back) โดยแสดงค่าฮีสโตแกรมระดับสีเทา (Gray level histogram) ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ภาพแสดงฮีสโตแกรมที่มีเธร็ชโฮลด์ค่าเดียว (single threshold)



รูปที่ 2.10 ภาพแสดงฮีสโตแกรมที่มีเธร็ชโฮลด์ 2 ค่า (multiplethresholds)

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.9 ซึ่งเป็นฮีสโตแกรมค่าระดับสีเทาที่ได้จากฟังก์ชั่น f(x,y) จะประกอบด้วยความสว่างเป็นส่วนของวัตถุและความมืดเป็นส่วนของพื้นหลัง สามารถเลือกส่วนที่เป็นวัตถุและพื้นหลังโดยการเลือกค่าเธร็ชโฮลด์ T โดยให้ f(x,y) < T เป็นส่วนของวัตถุและส่วนที่เหลือเป็นส่วนของพื้นหลัง เมื่อพิจารณารูปที่ 2.10 มีการแบ่งระดับสีเทาที่ระดับแตกต่างกันออกไป คือแบ่งระดับสีเทาออกเป็น 3 กลุ่ม (2 วัตถุ และ 1 พื้นหลัง) เราสามารถใช้วิธีการเดียวกันนี้แบ่งจุด x,y เพื่อใช้พิจารณาแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง โดยให้ T1< f(x,y) < T2 หรือจะทำการแยกวัตถุออกมาโดย f(x,y)< T2 และส่วนฉากจะให้ f(x,y) > T1 วิธีการดังกล่าวนี้จะให้ความถูกต้องน้อยกว่าวิธีเลือกเธร็ชโฮลด์เพียงค่าเดียว โดยมีวิธีการหาดังนี้

$$T_n = T[x, y, P(x, y), f(x, y)] \qquad (2.11)$$

เมื่อ f(x,y) คือ ค่าระดับสีเทาที่พิกัด x,y ใดๆ

P(x,y) คือ ตำแหน่งของค่าระดับสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสามารถหาค่าเธร็ชโฮลด์ได้โดย

$$g(x,y)=\begin{cases}1 & if \quad f(x,y)<T \\ & \\ 0 & if \quad f(x,y)<T\end{cases} \qquad (2.12)$$

เมื่อ T ขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่น f(x,y) จะถูกเรียกว่าโกลบอลเธร็ชโฮลด์ (Global threshold) และถ้า T ขึ้นอยู่กับ 2 ฟังก์ชั่นคือ f(x,y) และ P(x,y) จะถูกเรียกว่าโลคอลเธร็ชโฮลด์ (Local threshold) และถ้าการรวมกันของค่า T ขึ้นอยู่กับระยะห่างจากจุดโคออดิเนท x กับ y จะถูกเรียกว่า ไดนามิกเธร็ชโฮลด์ (Dynamic threshold)

2.4.2.1 การหาค่าเธร็ชโฮลด์โดยการกำหนดล่วงหน้า (Preassigned Threshold)

การหาค่าเธร็ชโฮลด์โดยการกำหนดล่วงหน้านี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดเป็นการกำหนดค่าเธร็ชโฮลด์เอง จากผู้ใช้ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้นั้นๆ โดยการเลือกค่าคงที่ค่าหนึ่งจะเป็นค่าที่ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของระดับความเข้มของข้อมูลอินพุท เช่นภาพอินพุทมีเกรย์สเกล 256 ระดับ จะมีค่าเธร็ชโฮลดได้ถึง 0-255 ค่าเธร็ชโฮลด์ที่เลือกได้ก็คือค่าที่อยู่ระหว่าง ค่า 0 ถึง 255 เมื่อเลือกค่าเธร็ชโฮลด์ได้แล้วก็สามารถทำการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้ ทั้งนี้การกำหนดค่าเธร็ชโฮลด์ขึ้นมานี้ เช่น 50,100,200 อาจนำมาทำการเซกเมนต์ภาพก่อนแล้วดูผลลัพธ์ที่ได้ จากนั้นจึงเลือกค่าที่เหมาะสมที่สุดมาใช้งาน

2.4.2.2 การหาค่าเธร็ชโฮลด์จากค่ากลาง (Mid Range Threshold)

การหาค่าเธร็ชโฮลด์โดยพิจารณาจากค่ากลางเป็นการหาค่าเธร็ชโฮลด์ที่แตกต่างจากวิธีแรก สำหรับวิธีนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าเธร็ชโฮลด์โดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องใช้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด โดยวิธีนี้อาศัยการคำนวณพื้นฐานทางสถิติมาประยุกต์ใช้ ค่าเธร็ชโฮลด์ที่คำนวณได้จากค่ากึ่งกลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุด และระดับความเข้มต่ำสุดของภาพอินพุทเมื่อทำการคำนวณค่าเธร็ชโฮลด์ได้แล้วก็สามารถสร้างภาพไบนารี่ได้โดยนำค่าเธร็ชโฮลด์ที่ได้มาใช้

2.5 การกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise reduction)

การกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพ เป็นกระบวนการส่วนแรกก่อนที่จะมีการประมวลผลภาพจริง (Preprocessing) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนที่ไม่พึงประสงค์ออกจากภาพนั้น สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รบกวนบนภาพอาจเกิดจากขั้นตอนในการเก็บภาพ หรือขั้นตอนการส่งข้อมูลภาพจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเป็นต้น

การกำจัดสัญญาณรบกวนนั้น เป็นการกรองสัญญาณแบบความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filtering) ซึ่งค่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าองค์ประกอบที่ราบเรียบ (Smoothing) มากขึ้น ซึ่งจะตรงกับจุดประสงค์ของการกำจัดสัญญาณรบกวนนั่นเอง โดยการกรองภาพใดๆ นั้นเราจะอาศัยตัวดำเนินการซึ่งมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดจำกัด หรือบางครั้งเรียกว่าหน้าต่าง หรือหน้ากาก เคลื่อนที่ไปกระทำการบางอย่างกับทุกจุดภาพบนภาพในภาพที่ต้องการลดสัญญาณรบกวนนั้น เพื่อทำการคำนวณหาค่าใหม่ของจุดภาพ ในตำแหน่งที่อยู่ตรงกลางของหน้าต่างในการกระทำกับจุดภาพแต่ละจุดนั้น สำหรับขนาดของหน้าต่างที่นิยมใช้คือ 3 x 3 แต่ทั้งนี้ก็ยังสามารถใช้ขนาดอื่นๆ ได้อีก เช่น 5x5,7x7 หรือ 15x15 ก็ได้

การดำเนินการกรองภาพด้วยหน้าต่างนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ตามลักษณะของหน้าต่าง กล่าวคือ ถ้าการกรองนั้นใช้หน้าต่างที่บรรจุค่าคงที่ไว้แล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองนี้จะเกิดจากการคำนวณร่วมกันระหว่าง ค่าระดับความเข้มของจุดภาพ ที่อยู่ภายใต้หน้าต่างและค่าคงที่ของหน้าต่างนั้นทุกค่า แล้วจะเรียกว่า การกรองแบบเชิงเส้น (Linear filtering) ถ้าการกรองสัญญาณนั้นใช้หน้าต่างที่ไม่ได้บรรจุค่าใดๆ ไว้โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองจะเกิดจากการคำนวณค่าของจุดภาพทุกจุดที่อยู่บนหน้าต่างเท่านั้นแล้วจะเรียกว่า การกรองแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear filtering)

2.5.1 การกรองแบบค่าเฉลี่ย (Average filtering)

การกรองภาพด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยนี้ เป็นการกรองแบบเป็นเชิงเส้น ซึ่งมีวิธีการคำนวณหาค่าความเข้มใหม่(R) ของจุดภาพที่ตำแหน่งกึ่งกลางภายในหน้าต่างขนาด 3 x 3 ที่แสดงเป็นกรณีทั่วไป ดังรูปที่ 2.13 ตามสมการ

$$R = W_1 z_1 + W_2 z_2 + ... + W_9 z_9 \qquad (2.13)$$

โดย $z_1, z_2, ..., z_9$ คือค่าระดับความเข้มของจุดภาพภายใต้หน้าต่างและมีตำแหน่งที่ตรงกับหน้าต่างนี้

W_1	W_2	W_3
W_4	W_5	W_6
W_7	W_8	W_9

รูปที่ 2.11 หน้าต่างขนาด 3 x 3 ที่บรรจุค่าคงที่ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่เป็นการกรองแบบหาค่าเฉลี่ยจะต้องมีหลักการเพิ่มเฉพาะคือ หน้าต่างที่ใช้ต้องบรรจุค่าเป็นบวกและผลรวมของค่าสมาชิกทุกตัวในแต่ละหน้าต่างจะต้องเท่ากับ 1 เช่น W ทุกตัวที่อยู่ในรูปที่ 2.11 จะมีค่าเท่ากับ 1/9 เป็นต้น แล้วค่าความเข้มใหม่ (R) ที่คำนวณได้จากสมการที่ 2.13 ก็จะเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองแบบหาค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดภาพนั่นเอง

2.5.2 การกรองแบบมัธยฐาน (Median filtering)

การกรองแบบแบบมัธยฐานเป็นการกรองแบบไม่เป็นเชิงเส้น โดยมีหลักการสำคัญคือ การครอบหน้าต่างที่ไม่ได้บรรจุค่าใดๆ ไว้ลงบนข้อมูลภาพ แล้วนำข้อมูลเหล่านี้มาเรียงลำดับใหม่จากค่าต่ำสุดไปหาค่าสูงสุด จากนั้นก็เลือกค่าที่อยู่ตำแหน่งกึ่งกลางข้อมูลที่เรียงลำดับนั้นมาเป็นค่าความเข้มใหม่ (R) ของจุดภาพที่ตำแหน่งกึ่งกลางภายใต้หน้าต่างนั้น เช่นใช้หน้าต่างขนาด 3 x 3 กับข้อมูลภาพดังรูปที่ 2.12 (a) จากนั้นนำค่าความเข้มภายในตารางมาเรียงลำดับเป็น 1,1,1,1,1,1,1,1,9 แล้วเลือกเอาค่าลำดับที่ 5 ซึ่งในที่นี้มีค่าเป็น 1 เป็นค่าความเข้มใหม่ของจุดภาพที่ตำแหน่งกึ่งกลางขณะนี้ ทำเช่นนี้ไปจนตลอดข้อมูลภาพจะได้รูปที่ 2.12 (b) เป็นข้อมูลที่ผ่านการกรองแล้ว จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการกรองแบบนี้ อาจจะได้ค่าข้อมูลเดิมหรือค่าใหม่ก็ได้ ถ้าหากข้อมูลตัวใดที่มีค่าแตกต่างไปจากค่าของจุดภาพรอบข้างมาก ก็จะถือว่าเป็นสัญญาณรบกวนและถูกกำจัดออกไป วิธีดีกว่าวิธีกรองแบบค่าเฉลี่ย คือสามารถลดสัญญาณรบกวนได้ดีและยังสามารถรักษาความคมชัดของขอบภาพไว้ได้ด้วย

1	1	1	1	1
1	9	1	1	6
1	9	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	3	1
1	1	1	1	1

(a) ข้อมูลภาพ

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

(b) ข้อมูลภาพที่ผ่านการกรองแล้ว

รูปที่ 2.12 การกรองแบบมัธยฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ (Center of mass)

หลังจากที่ผ่านกระบวนการประมวลผลภาพต่างๆ ตามลำดับแล้วโปรแกรมก็จะทำการคำนวณหาค่าจุดกึ่งกลางของวัตถุที่เกิดการเปลี่ยนแปลงว่ามีพิกัดอยู่ที่ใด ซึ่งโปรแกรมจะทำการพิจารณาเฉพาะภาพของวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น โดยการหาตำแหน่งศูนย์กลางของวัตถุนั้นจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังโดยการนำข้อมูลตำแหน่ง (i,j) ของวัตถุที่แยกออกมาได้มาหาค่าเฉลี่ยภายในของวัตถุทั้งหมด ซึ่งจะมีการแยกเป็นตำแหน่งที่จุดกึ่งกลางของแถว Cr และตำแหน่งจุดกึ่งกลางของคอลัมน์ Cc ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 2.14

$$C_r = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{N} \qquad (2.14)$$

$$C_c = \frac{\sum_{j=1}^{n} Y_j}{N}$$

โดยที่ Cr คือ ค่าเฉลี่ยตำแหน่งของแถว

Cc คือ ค่าเฉลี่ยตำแหน่งของคอลัมน์

Xi คือค่าตำแหน่งของแถว

Yj คือ ตำแหน่งของคอลัมน์

i, j คือ จำนวนเต็มเท่ากับ 1.....n

N คือ จำนวนตำแหน่งทั้งหมดที่เกิดการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
โครงสร้างของระบบการติดตามวัตถุ

3.1 กล่าวนำ

ในกระบวนการติดตามวัตถุ (Object Tracking) นั้น จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลายๆ ส่วนด้วยกันจึงจะทำให้ระบบการติดตามวัตถุนั้นมีความสมบูรณ์และพร้อมที่จะใช้งาน ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงเนื้อหาในเรื่องของโครงสร้างของระบบการติดตามวัตถุว่ามีโครงสร้างและกระบวนการทำงานอย่างไรบ้าง ในที่นี้จะขออธิบายในเรื่องของ โครงสร้างพื้นฐานของระบบการติดตามวัตถุ รวมถึงโครงสร้างทางด้าน Hard Ware และ Soft Ware ที่ใช้ในระบบการติดตามวัตถุ

3.2 โครงสร้างพื้นฐานของระบบการติดตามวัตถุ

ในระบบการติดตามวัตถุนั้นสามารถออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของระบบได้ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานพื้นฐานของระบบการติดตามวัตถุ

จากรูปนั้นจะเห็นว่ามีส่วนการทำงาน 3 ส่วนด้วยกันที่ทำงานสัมพันธ์กันคือ

1.) ภาคคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ทำหน้าที่แสดงและประมวลผลสัญญาณภาพที่ส่งมาจากภาคกล้องบันทึกภาพ โดยจะทำการเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างระหว่างที่บันทึกมาในเวลาที่ต่างกัน จำนวน 2 ภาพ แล้วแปลงเป็นข้อมูลตัวเลขเพื่อเป็นผลตอบสนองส่งไปควบคุมการทำงานของส่วนถัดไป

2.) ภาคควบคุมการหมุนของกล้อง ประกอบด้วยวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์ ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ใช้สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3.) ภาคกล้องบันทึกภาพ ทำหน้าที่จับภาพวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ในเวลาต่างๆ เพื่อส่งไปให้ภาคคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทำการประมวลผลต่อไป

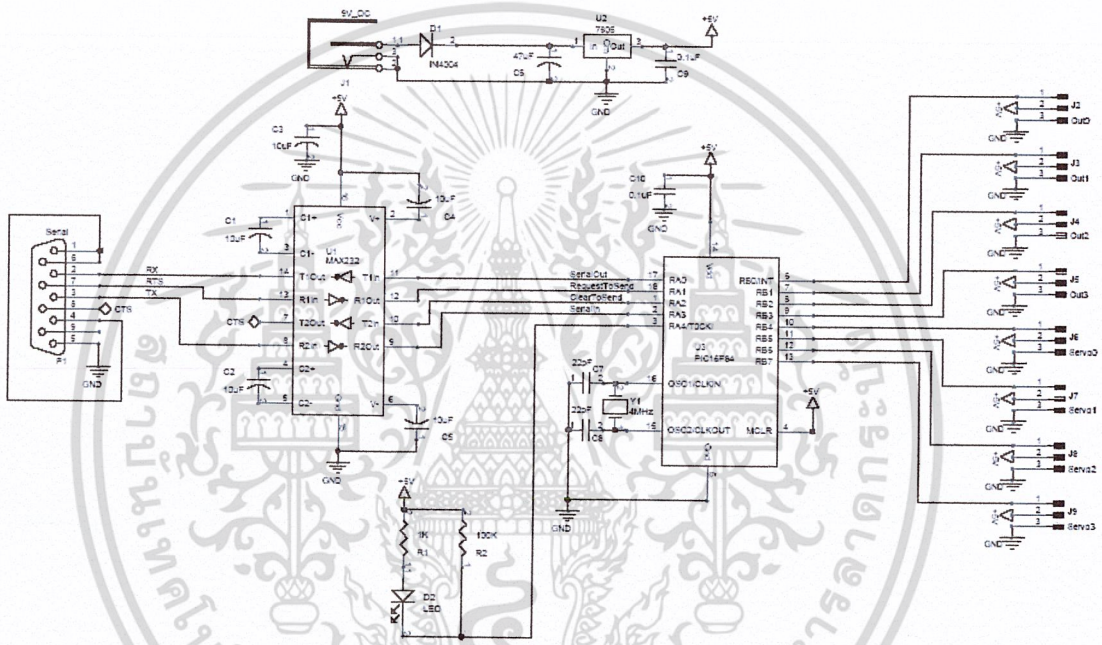
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3 โครงสร้างทางด้าน Hard Ware

ในส่วนของโครงสร้างทางด้าน Hard Ware นั้นสำหรับโครงงานนี้จะแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ 2 ส่วน ด้วยกันคือ ส่วนชุดควบคุมตำแหน่งในการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ และส่วนชุดขาตั้งกล้อง ซึ่งชุด Hard Ware ทั้ง 2 ส่วนนั้นจะต้องทำงานสัมพันธ์กันจึงจะทำให้ระบบการติดตามวัตถุนั้นมีประสิทธิภาพที่ดี

3.3.1 ชุดวงจรในการควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์

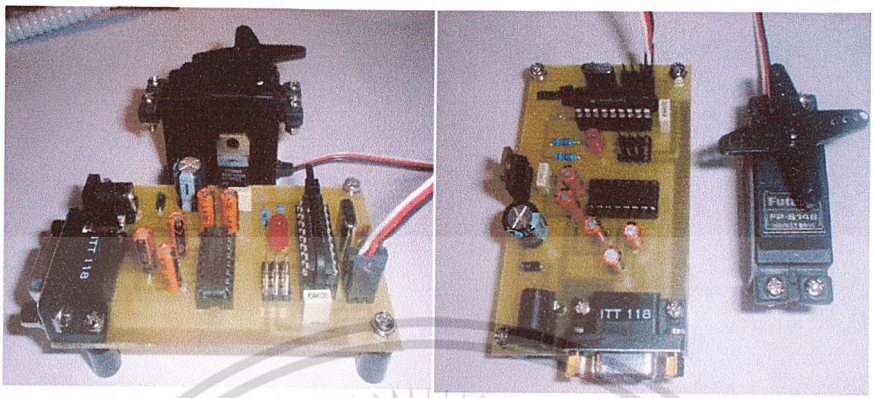


รูปที่ 3.2 ชุดวงจรในการควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์

สำหรับชุดควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์นั้น จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ โดยในโครงงานนี้ผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไอซี PIC16F84A ในการรับส่งข้อมูลให้กับเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งสาเหตุที่เลือกใช้ PIC16F84A นั้นเนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณสมบัติที่สามารถเขียนโปรแกรมและลบโปรแกรมได้หลายครั้งซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในบทต่อไป สำหรับการควบคุมตำแหน่งการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์นั้นจะมีการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับวงจรควบคุม โดยใช้พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีการรับส่งข้อมูลมาทีละ 1 บิต จนครบ 8 บิต ด้วยอัตราเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที ซึ่งในโครงงานนี้ก่อนการทดลองจะต้องมีการเซ็ททีตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีการรับส่งข้อมูลที่ตรงกัน โดยการส่งข้อมูลจะทำการส่งจากสาย Tx และ Rx เข้ามาที่ไอซี MAX 232 ซึ่งเป็น ไอซีที่เอาไว้ใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมหรือ RS 232 เพื่อที่จะทำการแปลงระดับแรงดันให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61809

เป็นไปตามมาตรฐาน RS 232 จากนั้น ไอซี MAX 232 ก็จะส่งข้อมูลต่อมายังตัวควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะวงจรที่ใช้ควบคุมตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์

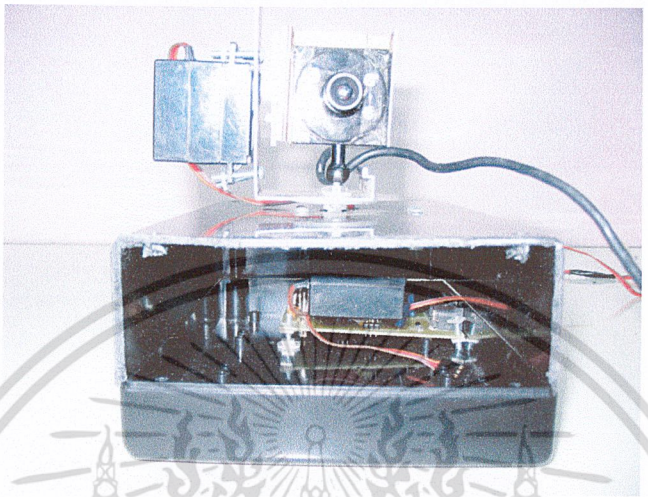
โดยการส่งข้อมูลของวงจรนี้จะมีการส่งข้อมูลไปที่ขาอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ คือที่ขาRa3 จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งข้อมูลออกไปยังขาเอาท์พุทของไมโครคอนโทรเลอร์ คือขา Rb 0-7 ซึ่งขาเอาท์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะมีทั้งหมด 8 ขาก็เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานต่างๆได้ ซึ่งนั่นหมายความถึงวงจรควบคุมนี้สามารถควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ได้ถึง 8 ตัวเลยทีเดียว แต่สำหรับโครงงานการติดตามวัตถุนี้จะทำการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์เพียง 2 ตัวเท่านั้น คือควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และ y หรือการเคลื่อนที่ ซ้าย ขวา บน ล่าง นั่นเองซึ่งการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์นั้นจะกล่าวให้ทราบในบทต่อไป

3.3.2 ชุดขาตั้งกล้อง

เนื่องจากในการทำโครงงานนี้จะต้องมีการติดตามวัตถุใน 2 ทิศทางคือตามแนวแกน x และ y หรือการเคลื่อนที่ ซ้าย ขวา และขึ้นลง ทำให้ต้องใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการควบคุม 2 ตัว คือตัวหนึ่งควบคุมการติดตามวัตถุในแนวแกน x และอีกตัวหนึ่งควบคุมการติดตามวัตุในแนวแกน y ดังนั้นการออกแบบชุดขาตั้งกล้องจึงต้องออกแบบให้สามารถติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ได้ทั้ง 2 ตัวและสามารถทำงานได้สัมพันธ์กันในขณะที่ทำการติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งในการออกแบบชุดขาตั้งกล้องนั้นผู้ดำเนินโครงงานมีการออกแบบอย่างง่ายๆ โดยการออกแบบนั้นจะทำการออกแบบโดยจัดให้ชุดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ในแนวแกน y ตั้งอยู่บนฐานซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวแกน x โดยเซอร์โวมอเตอร์อีกหนึ่งตัวเช่นกันดังแสดงในรูปที่ 3.4 สำหรับการประกอบชุดขาตั้งกล้องเข้าด้วยกันนั้นจะประกอบชุดเคลื่อนที่ในแนว x และ y เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์โดยตรงดังแสดงในรูป โดยไม่มีการใส่เฟืองทดเข้าไปเนื่องจากเซอร์โวมอเตอร์มีคุณสมบัติที่มีแรงบิดสูงและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนที่ได้ละเอียดแม่นยำประกอบกับวัสดุที่นำมาใช้มีน้ำหนักเบาทำให้หมดปัญหาในเรื่องความยุ่งยากเกี่ยวกับเรื่องของเฟืองทดไปได้ซึ่งชุดขาตั้งกล้องที่ออกแบบนั้นเป็นชุดขาตั้งกล้องที่ดูเรียบง่ายแต่สามารถทำงานได้จริงและมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.4 แสดงชุดขาตั้งกล้องในโครงงานการติดตามวัตถุ

3.3.3 การสอบเทียบกล้องเพื่อนำมาคำนวณค่าพัลส์

ก่อนที่จะมีการทดลองนั้นเราจะต้องมีการสอบเทียบกล้องเพื่อที่จะได้ทราบว่า 1 พัลส์หรือ1 เสต็ปของเซอร์โวมอเตอร์มีค่าเท่ากับกี่พิกเซลของภาพ ซึ่งการสอบเทียบกล้องทำโดยการทดลองหมุนกล้องจนกระทั่งวัตถุอยู่ศูนย์กลางของภาพ แล้วก็จะทำการตรวจสอบค่าพัลส์ที่ส่งกลับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ จากการสอบเทียบในแกน x ซึ่งแกน x จะมีขนาดความละเอียดของภาพเท่ากับ 320 พิกเซล เมื่อลองทำการหมุนกล้องจนวัตถุอยู่ตรงศูนย์กลางของจอภาพแล้ว จะได้ค่าพัลส์เท่า 30 ดังนั้นจะได้ว่า 1 เสต็ป เท่ากับ 10.66 พิกเซล ซึ่ง 1 พัลส์ เท่ากับ 1 เสต็ป และเท่ากับ 1 องศา และจากการทดลองในแกน y ซึ่งแกน y จะมีขนาดความละเอียดของภาพเท่ากับ 240 พิกเซล เมื่อลองทำการหมุนกล้องจนวัตถุอยู่ตรงศูนย์กลางของจอภาพแล้ว จะได้ค่าพัลส์เท่า 27 ดังนั้นจะได้ว่า 1 เสต็ป เท่ากับ 8.88 พิกเซล ซึ่ง 1 พัลส์ เท่ากับ 1 เสต็ป และเท่ากับ 1 องศา ดังแสดงในสมการ

แกน x

$$1 \text{ step} = 320 \text{ pixel} / 30 \text{ step} = 10.66 \text{ pixel} \quad (3.1)$$

แกน y

$$1 \text{ step} = 240 \text{ pixel} / 27 \text{ step} = 8.88 \text{ pixel} \quad (3.2)$$

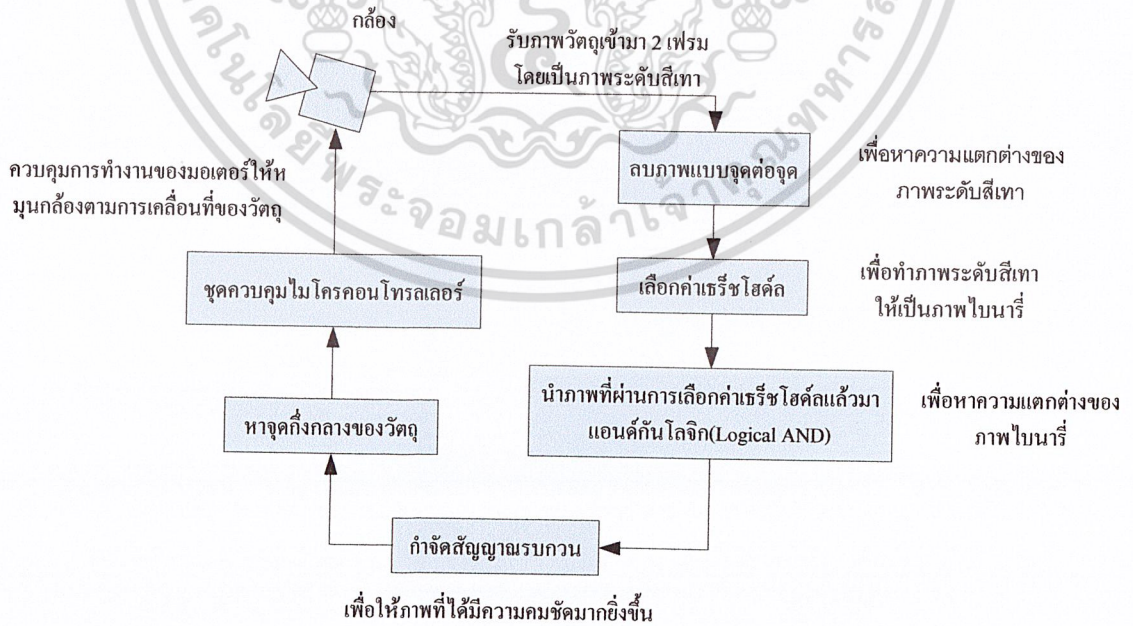
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 โครงสร้างทางด้าน Soft Ware

โครงสร้างทางด้าน Soft Ware สำหรับโครงงานการติดตามวัตถุนั้นจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกันคือ Soft Ware โปรแกรมการประมวลผลภาพและส่วนของโปรแกรมการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่ง Soft Ware ทั้ง 2 ส่วนนี้ มีความสำคัญในระบบการติดตามวัตถุเป็นอย่างมาก เพราะถือได้ว่าเป็นส่วนสำคัญในการทำโครงงานการติดตามวัตถุเลยทีเดียว ซึ่งในการเขียนโปรแกรมนั้นผู้เขียนจะต้องคำนึงถึงความเสถียรภาพของโปรแกรมตลอดจนคำนึงตัวแปรต่างๆ ที่จะเข้ามาเกี่ยวข้องกับระบบการติดตามวัตถุ เพื่อให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้จริงซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมทั้ง 2 ส่วนจะได้ทำการอธิบายดังนี้

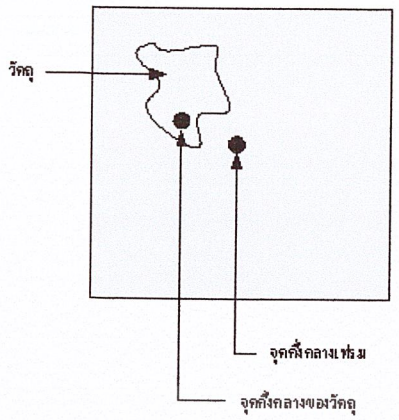
3.4.1 Soft Ware ส่วนของโปรแกรมการประมวลผลภาพ

โปรแกรมในส่วนนี้ถือเป็นโปรแกรมหลักในระบบการติดตามวัตถุ เพราะเนื่องจากโปรแกรมการประมวลผลภาพนั้นจะเป็นโปรแกรมที่ทำงานตั้งแต่เริ่มกระบวนการของระบบ กล่าวคือเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเพื่อให้ทำงานตามขั้นตอนและตามหลักการของระบบการติดตามวัตถุ ซึ่งในโปรแกรมการประมวลผลภาพนั้นผู้ทำโครงงานได้ทำการเขียนโปรแกรมโดยใช้ โปรแกรม MATLAB เป็นซอร์ฟแวร์ในการเขียนโปรแกรมการประมวลผลภาพ เนื่องจากซอร์ฟแวร์ นี้เป็นโปรแกรมที่สามารถศึกษาได้ค่อนข้างง่ายไม่ยุ่งยากจนเกินไป ในการเขียนโปรแกรมนั้นจะเริ่มจากการกำหนดโฟล์วชาร์ทการทำงานของระบบการติดตามวัตถุก่อนดังแสดงในรูปที่ 3.5

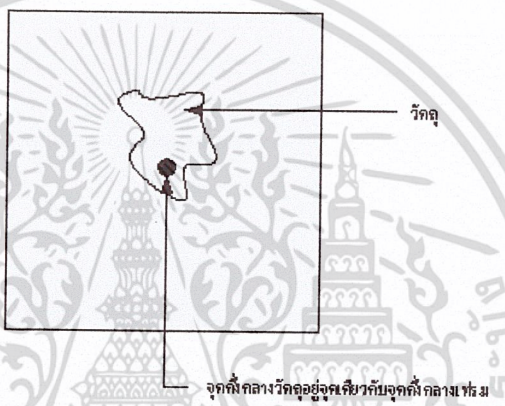


รูปที่ 3.5 แสดงลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมการประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.6 แสดงกระบวนการหาจุดศูนย์กลางภาพ
(ก) แสดงภาพเมื่อโปรแกรมสามารถหาจุดศูนย์กลางของวัตถุได้แล้ว
(ข) แสดงภาพเมื่อมีการส่งค่าศูนย์กลางของภาพแล้วกล้องหมุนตามวัตถุ เพื่อให้จุดศูนย์กลางของวัตถุอยู่จุดเดียวกับจุดศูนย์กลางของภาพ

จากนั้นนำโฟล์วชาร์ทการทำงานนั้น มาถอดให้เป็นภาษาเครื่องที่จะใช้เขียนโปรแกรมจากรูปที่ 3.5 นั้นสามารถอธิบายได้คือโปรแกรมที่เขียน จะมีการทำงานตั้งแต่การรับภาพเข้ามาจากกล้องแล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ แล้วนำภาพที่เก็บไว้นั้นออกมาประมวลผลในการหาขอบภาพและการลบภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระหว่างภาพก่อนหน้าและภาพปัจจุบัน แล้วนำภาพที่ได้มาเข้าสู่กระบวนการหาจุดศูนย์กลางของภาพในขณะที่ภาพมีการเปลี่ยนแปลง หรือวัตถุมีการเคลื่อนไหวดังแสดงในรูปที่ 3.6 (ก) จากรูปที่ 3.6 (ก) นั้นเป็นการแสดงให้เห็นว่า เมื่อโปรแกรมทำงานถึงขั้นตอนนี้แล้ว เราจะได้จุดศูนย์กลางของวัตถุที่เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งแต่จุดศูนย์กลางของวัตถุนั้นยังไม่อยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันกับจุดศูนย์กลางของภาพ จนกว่าจะมีการส่งค่าศูนย์กลางที่ได้ ไปยังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการติดต่อให้กล้องหมุนตามวัตถุ เมื่อกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุนตามวัตถุแล้วก็จะทำให้จุดศูนย์กลางของวัตถุนั้นมาอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันกับจุดศูนย์กลางของภาพ ซึ่งจะทำให้ภาพที่แสดงออกมาทางจอคอมพิวเตอร์นั้น จะปรากฏภาพของวัตถุที่อยู่ตรงกลางของจอภาพเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 (ข) จากการทำงานทั้งหมด ที่กล่าวมานั้นเป็นการทำงานจากโปรแกรมการประมวลผลภาพ ที่เขียนขึ้นมาทั้งสิ้น ซึ่งซอร์สโค้ดต่าง ๆ ตลอดจนโปรแกรมที่ทำการเขียนขึ้นมาแล้วนำมาใช้ในโครงงานการติดตามวัตถุนี้ สามารถดูได้จาก ภาคผนวก ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

3.4.2 โปรแกรมการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

นอกจากจะมีโปรแกรมที่เขียนขึ้นมา เพื่อทำการประมวลผลภาพดังที่กล่าวมาแล้วการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดการติดตามวัตถุได้ เพราะเนื่องจากจะต้องมีการส่งค่าศูนย์กลางของวัตถุที่ได้จากการประมวลผลจากคอมพิวเตอร์มายังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ให้ติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุต่อไป เมื่อเป็นเช่นนี้จึงต้องมีการเขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อรองรับการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งโปรแกรมในส่วนนี้ จะมีการเขียนโปรแกรมโดยใช้ วิชวลเบสิก เป็นซอร์ฟแวร์ในการเขียนโปรแกรมเพราะเนื่องจากโปรแกรมวิชวลเบสิกเป็นซอร์ฟแวร์ที่สามารถทำการศึกษาได้ง่ายและมีคำสั่งน้อย ในการเขียนโปรแกรมเช่นเดียวกับโปรแกรมการประมวลผลภาพแต่จะมีการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่าน พอร์ตอนุกรม ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้เริ่มจากการเขียนให้เครื่องคอมพิวเตอร์ ส่งค่าศูนย์กลางวัตถุ จากการประมวลผลภาพแล้วไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับค่าที่ส่งมาทำการประมวลผลแล้วส่งค่าออกมาทางขา เอาท์พุท ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ต่อไป เซอร์โวมอเตอร์ก็จะทำงานตามระบบการติดตามวัตถุ ตามโปรแกรมที่เขียนหรือที่กำหนดไว้ ซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ได้กล่าวไว้ในภาคผนวก ของปริญญานิพนธ์เล่มนี้

3.4.3 ขั้นตอนในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น เมื่อโปรแกรมทางด้านการประมวลผลภาพได้คำนวณค่าศูนย์กลางของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ของทั้งแนวแกน x และแนวแกน y ให้อยู่ในหน่วยของพิกเซลเรียบร้อยแล้ว ก็จะมีการนำค่าศูนย์กลางของวัตถุนั้นๆมาเปรียบเทียบกันค่าอ้างอิงของภาพ เพื่อที่จะคำนวณหาค่าความแตกต่างโดยค่าอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 160 พิกเซล อยู่ในแนวแกน x และ 120 พิกเซล อยู่ในแนวแกน y เมื่อได้ค่าความแตกต่างทั้งแกน x และ แกน y มาแล้ว และจะมีการนำค่าความแตกต่างนั้นมาตรวจสอบดูว่ามีค่าเป็นบวกหรือว่ามีค่าเป็นลบ จากนั้นก็จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำค่าความแตกต่าง มาทำการคำนวณพัลส์ของความแตกต่างที่หาได้หลังจากนั้นโปรแกรมจะจ่ายค่าพัลส์ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยถ้าค่าความแตกต่างเป็นลบ จะมีการจ่ายพัลส์เท่ากับ 150+ค่าความแตกต่างของพัลส์ที่สามารถคำนวณได้ ถ้าค่าความแตกต่างเป็นบวกจะจ่ายค่าพัลล์เท่ากับ 150- ค่าความแตกต่างของพัลล์ที่สามารถคำนวณได้ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะจ่ายพัลส์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ต่อไป และหลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจสอบเงื่อนไขดูว่าพัลส์ที่จ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 60~240 ms หรือไม่ ถ้าค่าพัลส์ไม่อยู่ในช่วงดังกล่าวเซอร์โวมอเตอร์จะหยุดการทำงาน แต่ถ้าค่าพัลส์อยู่ในช่วงดังกล่าว เซอร์โวมอเตอร์ก็จะสามารถทำงานได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

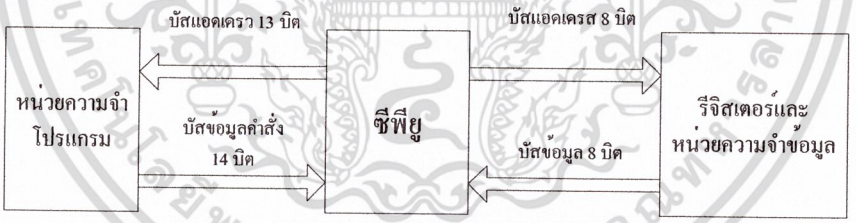
บทที่ 4
ทฤษฎีทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hard Ware) ที่เกี่ยวข้อง

4.1 กล่าวนำ

ในบทที่แล้วได้กล่าวถึงโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ของระบบการติดตามวัตถุ ว่ามีกี่ส่วน และมีการทำงานอย่างไรและในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำฮาร์ดแวร์ไม่ว่าจะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ เซอร์โวมอเตอร์ กล้องดิจิตอล(USB) และยังจะได้กล่าวถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆและสาเหตุที่เลือกใช้อุปกรณ์เหล่านี้ด้วย

4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

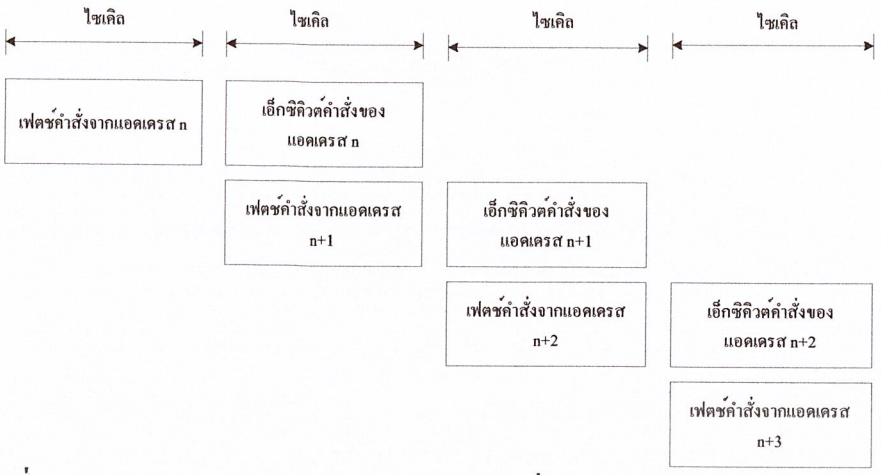
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีสถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ด (Harvard architecture) กล่าวคือ มีการจัดแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน มีบัสสำหรับติดต่อแยกออกจากกันดังในรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าซีพียูที่อยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมด้วยบัสของแอดเดรส 13 บิต และบัสของข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรม 14 บิต ในขณะที่บัสติดต่อหน่วยความจำข้อมูลและรีจิสเตอร์ภายในเป็นแบบ 8 บิต



รูปที่ 4.1 ไดอะแกรมแสดงสถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ดของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)

อีกทั้งการกระทำทางคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ยังใช้กระบวนการที่เรียกว่าไปป์ไลน์ (pipeline) ทำให้สามารถเฟตช์คำสั่งถัดไปในขณะที่กำลังเอ็กซิคิวต์คำสั่งปัจจุบันส่งผลให้ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มมากขึ้น นั่นจึงเป็นที่มาของการทำงานใน 1 คำสั่งภายในสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก (กระบวนการเฟตต์ เป็นกระบวนการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลคำสั่งนั้นให้เป็นรหัสเลขฐาน 16 เพื่อให้ซีพียูเข้าใจ ส่วนกระบวนการเอ็กซิคิวต์ เป็นการกระทำคำสั่งให้เกิดผลลัพธ์ตามที่คำสั่งนั้นกำหนด) สำหรับกระบวนการไปป์ไลน์ แสดงดังในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



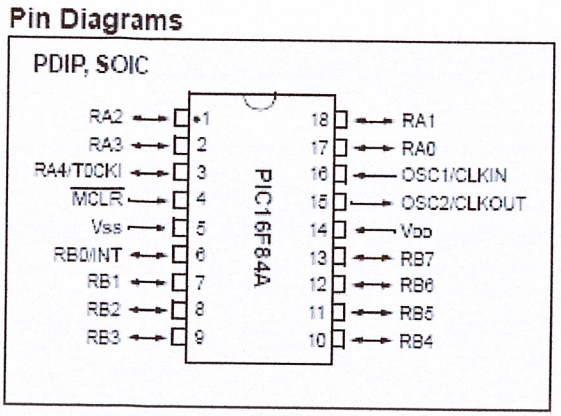
รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมแสดงกระบวนการไปป์ไลน์ที่ใช้ในไมโครคอนโทรเลอร์ PIC

4.2.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A

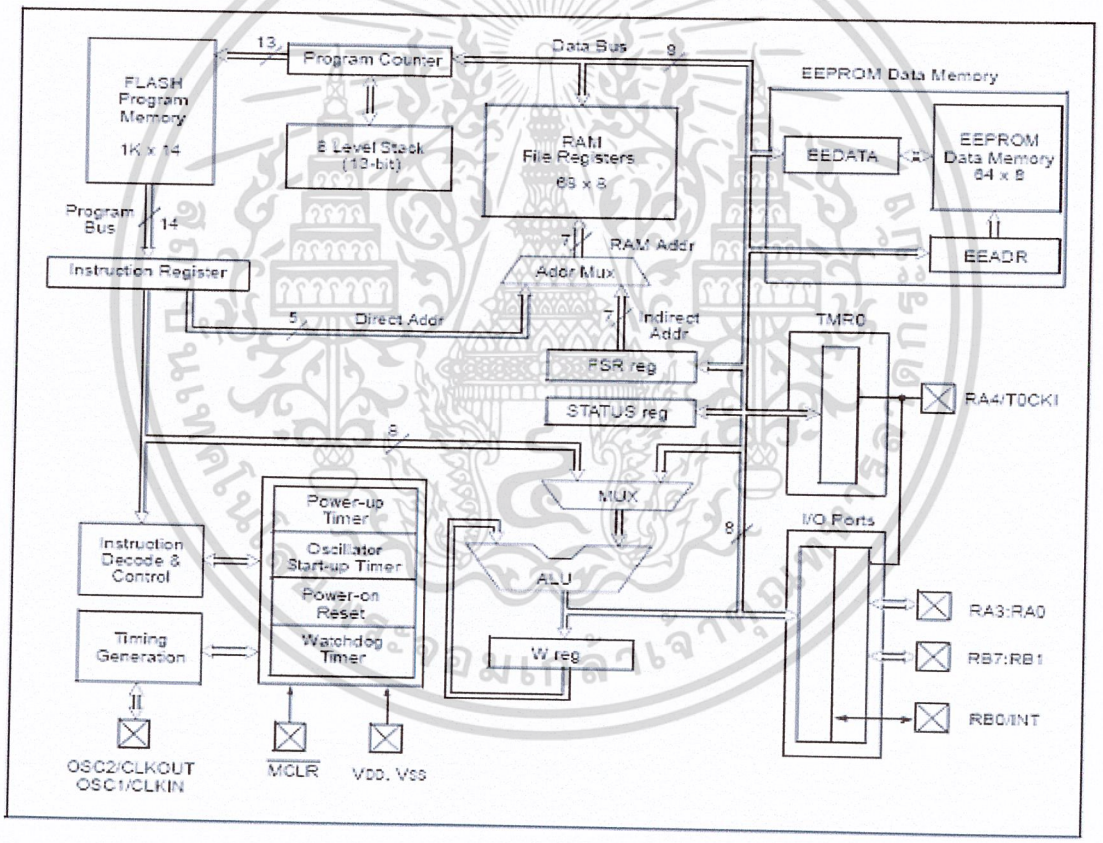
ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A เป็นของบริษัท Microchip Technology ซึ่งเป็นผู้ผลิต CPU ตระกูล PIC โดยในเบอร์นี้เป็นเบอร์ที่มีความสามรถสูงพอสมควรประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆมากมายพอจะสรุปคุณสมบัติคร่าวๆได้ดังนี้

- มีคำสั่ง 35 Instruction คำสั่ง
- ในการปฏิบัติคำสั่งต่างๆ จะใช้ไซเคิลเดียวและ 2 ไซเคิล ในคำสั่งที่เป็นการกระโดด
- ความถี่สูงสุดที่ทำงานได้คือ 20 MHz
- การทำงานจะเป็นลักษณะ Pipeline ทำให้มีการทำงานที่เร็วขึ้น
- หน่วยความจำโปรแกรม Flash Program Memory มีขนาด 8k (14-Bits Words)
- หน่วยความจำข้อมูลแรม 68 ไบท์
- หน่วยความจำข้อมูล(EPROM) 64 ไบท์
- สามารถตอบสนองการอินเตอร์รัพได้ถึง 14 แหล่ง
- มีแสตก 8 ระดับ
- มีเพาเวอร์ออนรีเซ็ต(POR) เพาเวอร์อัพไทเมอร์ (PWRT) และออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัพ
- สามารถป้องกันข้อมูลได้ (Code Protection)
- มีโหมดประหยัดพลังงาน
- สามารถเลือกของสัญญาณนาฬิกาได้หลายโหมด
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5 V ได้
- มีฟังก์ชั่นการโปรแกรมแบบ ICSP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงไดอะแกรมของขา PIC 16F84A



รูปที่ 4.4 ภาพแสดงไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A

- ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.0-5.5 V
- กระแสทั้งซิงก์และซอร์สของพอร์ทคือ 25 mA
- มีไทเมอร์และเคาท์เตอร์ จำนวน 3 ตัว
- มีโมดูล Capture/compare/PWM จำนวน 2 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีดิจิตอลคอนเวิร์สเตอร์ความละเอียด 10 บิต 8 แชนแนล ภายในตัว
- มีโมดูลการสื่อสาร USART
- มีโมดูลตรวจจับระดับไฟเลี้ยง BOR

4.2.2 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้จะสามารถทำงานได้ เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงและต่อวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้แก่มันจากนั้นซีพียูภายในก็จะทำการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม เพื่ออ่านข้อมูลคำสั่งแล้วทำงานตามคำสั่งที่บรรจุอยู่ในหน่วยความจำ นั่นหมายความว่าการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้จะทำงานได้ จะต้องมีการเขียนโปรแกรมเข้าไปยังหน่วยความจำโปรแกรมก่อนโดยไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์จะมีรูปแบบของข้อมูลคำสั่งที่แตกต่างกันซึ่งจะต้องอาศัยกระบวนการในเรื่องของการเขียนโปรแกรม ซึ่งภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมสามารถแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ภาษาสูงและภาษาแอสแซมบลี โดยปกติไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาแอสแซมบลี เนื่องจากสามารถทำงานได้รวดเร็วผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลคำสั่งเพียง 1 ขั้นตอน คือ แปลงจากข้อมูลภาษาแอสแซมบลีเป็นข้อมูลเลขฐานสิบหกหรือที่เรียกว่าออปโค๊ด แต่ข้อเสียของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสแซมบลีคือ ผู้เขียนจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะใช้ให้เข้าใจเสียก่อน

4.2.3 หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84A

ในการจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จะจัดออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ หน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล (RAM) และหน่วยความจำข้อมูลที่เป็น EEPROM

- **หน่วยความจำโปรแกรม**

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้มีโปรแกรมเคาน์เตอร์ขนาด 13 บิต ซึ่งสามารถอ้างถึงตำแหน่งข้อมูลได้ถึง 8 กิโลเวิร์ด โดยตำแหน่งรีเซตเวกเตอร์ที่ 0000h และอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ที่ 0004h ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจึงควรสงวนพื้นที่ส่วนนี้ไว้สำหรับการใช้งานอินเตอร์รัพท์ จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่ามีพื้นที่สแตก 8 ระดับ และหน่วยความจำแบ่งออกเป็น 4 เพจ (8 กิโลเวิร์ด) ซึ่งพื้นที่ในส่วนนี้มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลคำสั่งทั้งหมด โดยโครงสร้างจะเป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถทำการลบและเขียนโปรแกรมใหม่ได้หลายครั้ง

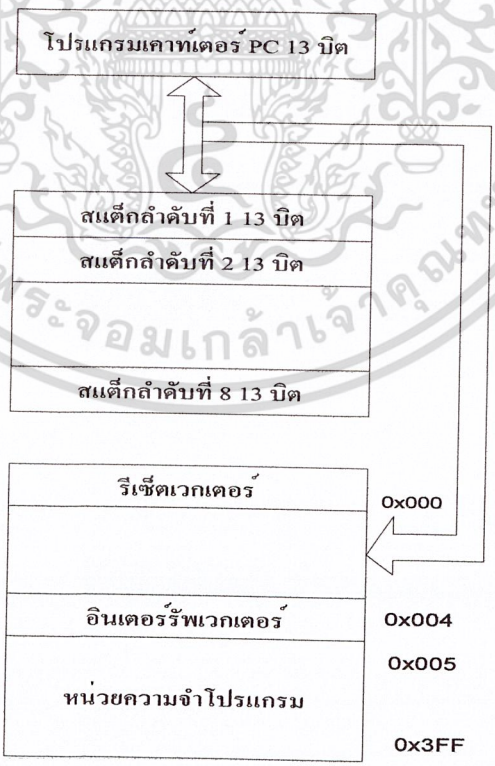
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **หน่วยความจำข้อมูล**

มีขนาด 8 บิตแต่สามารถต่อร่วมกันให้เป็น 16 บิตได้ ซึ่งโดยปกติแล้วหน่วยความจำข้อมูลและข้อมูลจะมีความจุไม่มากเมื่อเทียบกับหน่วยความจำโปรแกรมแต่ถ้าหากไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้ มีความสามารถสูงขึ้น ความจุของหน่วยความจำข้อมูลก็จะเพิ่มขึ้นตาม ซึ่งการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูล จะแบ่งออกเป็น 4 ช่วง แต่ละช่วงเรียกว่า แบงค์ (Bank) แต่ละแบงค์ มีขนาดสูงสุด 128 ไบต์แต่จะมีการใช้งาน ในแต่ละแบงค์ ที่แตกต่างกัน โดยในแต่ละแบงค์ มีการจัดสรรพื้นที่ดังนี้ แบงค์ 0 มีช่วง แอดเดรส 0x00 ถึง 0x7F แบงค์ 1 มีช่วง แอดเดรส 0x80 ถึง 0xFF แบงค์ 2 มีช่วงแอดเดรส 0x100 ถึง 0x17F แบงค์ 3 มีช่วงแอดเดรส 0x180 ถึง 0xFF

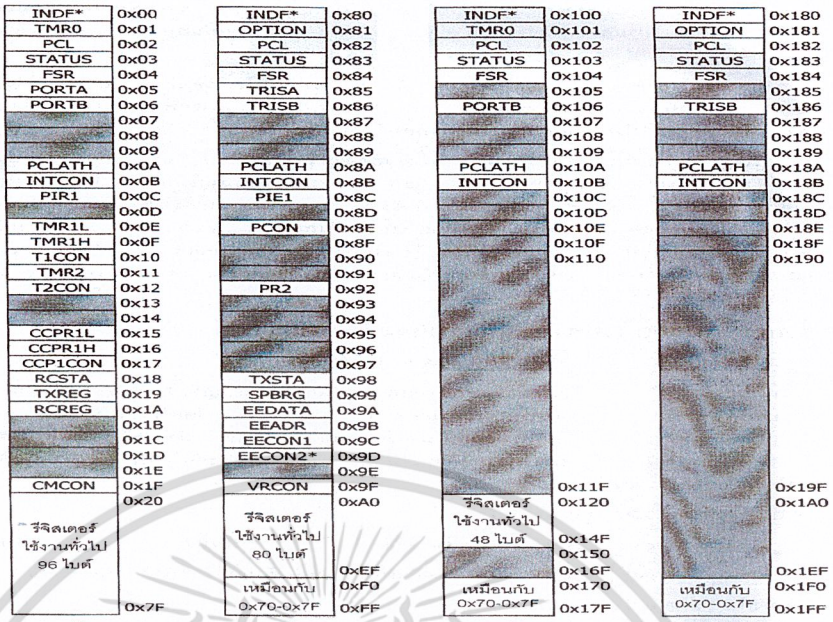
- **หน่วยความข้อมูล EEPROM**

เป็นหน่วยความจำพิเศษที่มีในไมโครคอนโทรลเลอร์ มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลที่ต้องการรักษาไว้ เมื่อไม่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ หน่วยความจำข้อมูล EEPROM มีขนาดของหน่วยความจำ 8 บิต ซึ่งในการอ่านและเขียนหน่วยความจำชนิดนี้ จะใช้สัญญาณไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งจะสามารถเก็บรักษาข้อมูลทั้งหมดไว้ได้ โดยสามารถทำการเขียนได้นับล้านครั้งในตัวเดียว



รูปที่ 4.5 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84A

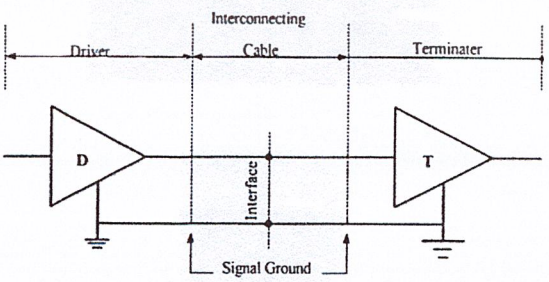
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84A

4.2.4 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านพอร์ตสื่อสารข้อมูล RS-232

พอร์ตสื่อสารข้อมูล RS-232 เป็นพอร์ตสื่อสารอนุกรม ซึ่งพอร์ตสื่อสารนี้สามารถส่งข้อมูลโดยที่ข้อมูลจะถูกทยอยส่งออกไปทีละบิตจนครบทั้งเวิร์ดในสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว แต่ในการใช้งานจริงจะต้องมีสายสัญญาณอีกเส้นเป็นสายสัญญาณกราวด์ ดังนั้นเมื่อเราส่งสัญญาณแบบอนุกรมเราจะสามารถใช้สายสัญญาณอย่างน้อยที่สุดเพียง 2 เส้นเท่านั้นและที่สำคัญการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นสามารถส่งข้อมูลได้ไกลมากถึง 30 ถึง 40 ฟุต



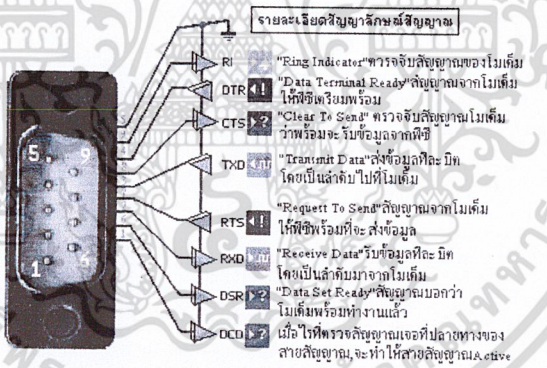
รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของการอินเทอร์เฟสแบบ RS-232C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะคุณสมบัติทางไฟฟ้าของการอินเตอร์เฟสแบบ RS-232

- ถูกออกแบบมาให้ใช้กับอุปกรณ์พวกสัญญาณ Discrete
- ใช้การอินเตอร์เฟสแบบ Unbalanced
- ในแต่ละวงจรใช้ลวดนำในการนำสัญญาณ 1 เส้น และมีสายกราวนด์รวมของทุกวงจรอีกหนึ่งเส้น
- อัตราเร็วในการส่งข้อมูลมีค่า < 20 กิโลบิทต่อวินาที (Kbps)
- ระยะสูงสุดที่ใช้ในการส่งข้อมูลามีค่า < 15 เมตร
- ทำให้เกิด Crosstalk ที่มีค่ามาก

RS-232 เป็นมาตรฐานที่มีชื่อว่า Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment Employing serial binary interchange ซึ่งแปลตรงๆ ก็คือ เป็นมาตรฐานสำหรับการอินเตอร์เฟสอุปกรณ์ Data Terminal เข้ากับอุปกรณ์ Data Communication โดยอาศัยวิธีการส่งข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรมซึ่งมีตำแหน่งขาดังรูป



รูปที่ 4.8 แสดงพอร์ต RS-232 และตำแหน่งขา

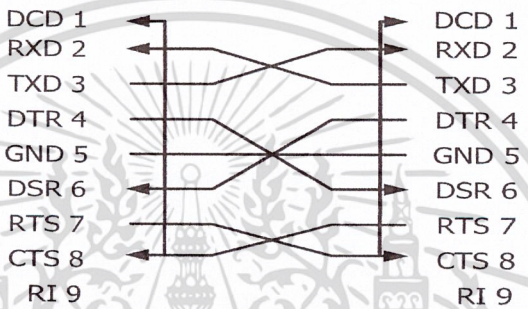
แต่ละขาของพอร์ต RS-232 ทำหน้าที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

- DCD หรือ Carrier Detector ขานี้จะแอคทีฟเมื่อตรวจพบอุปกรณ์ปลายทาง
- RXD หรือ Receive Data เป็นขาอินพุทเข้าคอมพิวเตอร์ รับข้อมูลทีละบิตจากอุปกรณ์ที่อยู่ปลายทาง
- DTR หรือ Transmit Data เป็นขาเอาท์พุทออกจากคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลทีละบิตไปยังอุปกรณ์ปลายทาง
- DTR หรือ Data Terminal Ready เป็นขารับสัญญาณอุปกรณ์ปลายทางเพื่อให้คอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- GND หรือ Signal Ground
- DSR หรือ Data set Ready ขานี้จะเป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์พร้อมที่จะทำงานแล้ว
- RTS หรือ Request To Send เป็นขาที่ใช้สำหรับตรวจจับสัญญาณจากอุปกรณ์ปลายทางว่าพร้อมที่จะทำงานหรือยัง
- RI หรือ Ring Indicator ขานี้จะตรวจจับสัญญาณจากอุปกรณ์ปลายทาง

จะเห็นว่าขาทั้งหมดนี้มีอยู่ 9 ขา ถ้าหากว่ามีการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ใดๆจะต้องมีการต่อสายสัญญาณของแต่ละขาเข้าด้วยกันดังนี้



รูปที่ 4.9 แสดงการต่อสายสัญญาณแต่ละขาของ RS-232

สำหรับมาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้าจะกำหนดไว้ดังตารางมาตรฐานแรงดันไฟฟ้าซึ่งแรงดันสูงสุดใน DTE และ DCE ไม่ควรเกิน 25 V และ Open Voltage ต้องไม่เกิน 12 V

+15 V.....

ย่านแรงดันไฟฟ้าบวก

+3 V.....

ย่านเปลี่ยนแปลงระดับ

-3 V.....

ย่านแรงดันไฟฟ้าลบ

-15 V.....

รูปที่ 4.10 แสดงย่านแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (RS-232) นี้ได้กำหนดขึ้นเพื่อให้คอมพิวเตอร์ต่างยี่ห้อกันหรืออุปกรณ์ต่อพ่วงแต่ละชนิดรับส่งข้อมูลได้เมื่อทำตามมาตรฐานนี้ โดยไม่สนใจว่าอุปกรณ์หรือคอมพิวเตอร์นั้นจะผลิตมาจากที่ใด

4.2.5 สาเหตุที่เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A

สาเหตุที่เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84A นั้น เนื่องจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลตที่สามารถลบได้นับแสนครั้ง หน่วยความจำข้อมูล E-PROM ที่สามารถลบได้นับล้านครั้ง ซีพียูแบบ RISE ที่มีจำนวนชุดคำสั่งน้อยแต่ทรงประสิทธิภาพ TIMER,COUNTER ที่มีมากถึง 3 ตัว บวกกับ WATCHDOC TIMER โมดูลตรวจจับสัญญาณเปรียบเทียบข้อมูลสร้างสัญญาณ PWM วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลที่มีความละเอียดสูงหลายช่องมีวงจรรีเซ็ตอัตโนมัติ เมื่อแรงดันไฟเลี้ยงลดลงต่ำกว่ากำหนดทั้งยังสามารถใช้ได้กับไฟเลี้ยงในย่านที่กว้างตั้งแต่ 2-5 โวลท์ มีโมดูลเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบบัส ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้เป็นคุณสมบัติที่มีอยู่ในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A

เมื่อเป็นเช่นนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A จึงเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในโครงงานระบบการติดตามวัตถุนี้

4.3 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

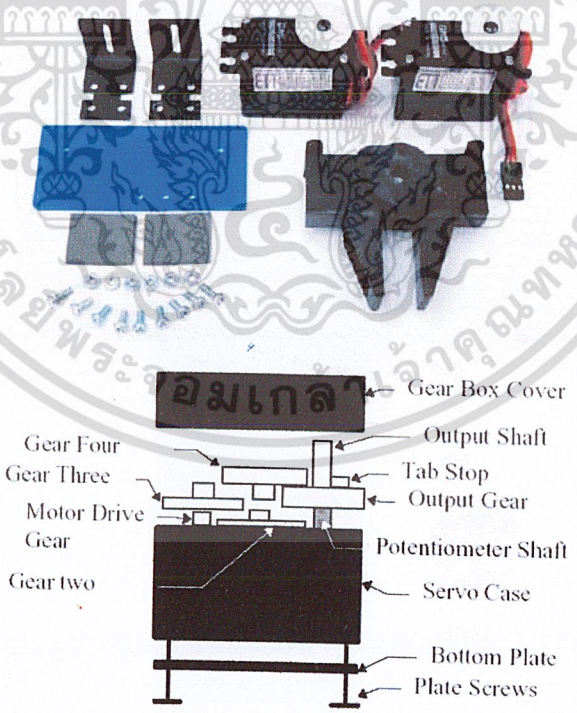
Servo Motor คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ที่ถูกประกอบรวมกับ ชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆไว้ในโมดูลเดียวกัน หรือภายในกล่องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC,GND และสายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้ายหรือหมุนขวาก็ได้ จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวโดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ พัลส์วิดมอด (PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4-6 โวลท์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ จะมีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา ให้แรงบิดที่สูง กินพลังงานน้อยและสามารถควบคุมได้ด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องมีตัววงจรขับ (Drive) อื่นๆ เพราะมอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่งหรือทิศทาง องศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่ Servo Motor นี้จะหมุนได้แค่เพียงในช่วงประมาณ 180° หรือครึ่งรอบเท่านั้น หรือบางรุ่นอาจหมุนได้ถึง 210° แต่จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้เนื่องจากโครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์และตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้น Servo Motor จึงถูกออกแบบให้หมุนได้แค่ประมาณ 180° หรือครึ่งรอบเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัวต้านทานปรับค่าได้ แต่ถ้าหากต้องการให้มอเตอร์หมุนเป็นวงรอบนั้นก็สามารถทำได้ โดยจะต้องทำการปรับแต่ง (Modify) ดัดแปลงชิ้นส่วนบางอย่างของมอเตอร์

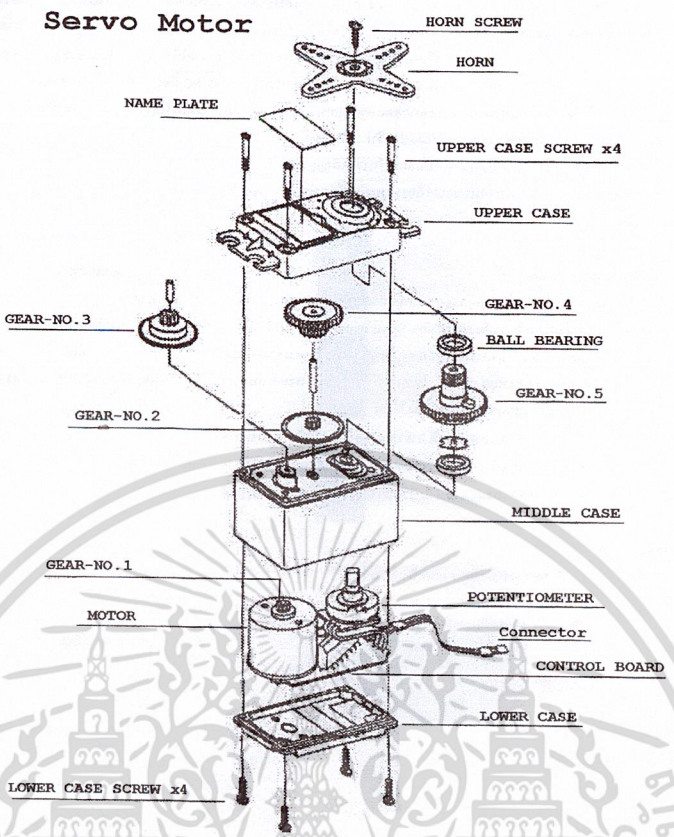
4.3.1 ลักษณะทางโครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์จะประกอบด้วยส่วนต่างๆมากมาย ซึ่งลักษณะทางโครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์สามารถอธิบายได้ด้วยรูปแสดงลักษณะทางโครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์ ภายในเซอร์โวมอเตอร์จะประกอบด้วยชุดเกียร์ถึง 3 ชุด ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มแรงบิดให้กับเซอร์โวมอเตอร์ ทำให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถขับเคลื่อนกล้องที่นำมาใช้ในการทำโครงงานนี้ได้โดยตรง โดยไม่ต้องต่อเฟืองทดใดๆอีก นอกจากนี้ภายในตัวเซอร์โวมอเตอร์ที่ซื้อมาจากผู้แทนจำหน่ายนั้นสามารถหมุนได้ 360 องศา แต่เนื่องจากมีการติดแทบสต็อปไว้ที่ชุดเกียร์ด้านในเพื่อทำให้สามารถหมุนได้เพียง 180 องศาเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีการใส่ตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าได้เข้าไปภายในกล่องของเซอร์โวมอเตอร์ด้วยทั้งนี้ก็เพื่อเป็นตัวปรับความเร็วในการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 4.11 ส่วนประกอบต่างๆของเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



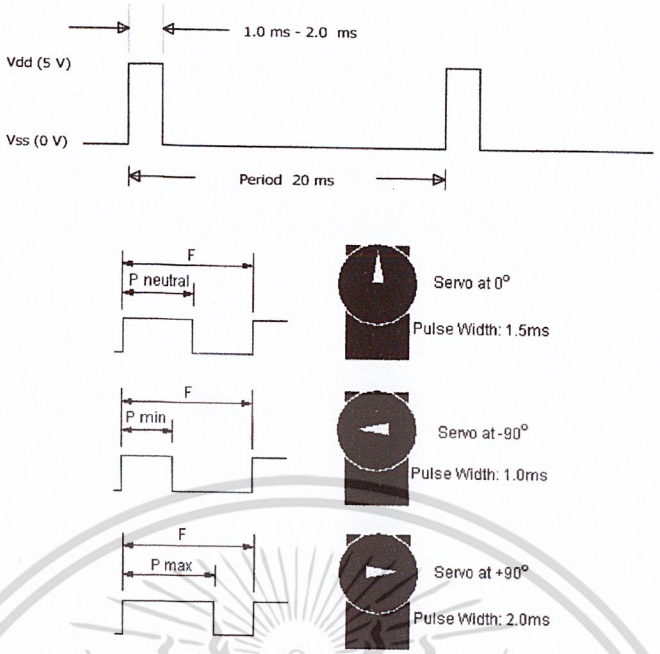
รูปที่ 4.12 ลักษณะทางโครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

4.3.2 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

ในการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์นั้น ทำได้โดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์นี้ขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดอ้างอิงอยู่ด้วยกัน 3 จุด คือ

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศาหรืออยู่ที่จุดศูนย์กลางของมอเตอร์
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่ง -90 องศา หรือหมุนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่ง +90 องศา หรือหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงความกว้างของพัลส์และทิศทางการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์

ซึ่งค่าความกว้างของพัลส์และระยะองศาที่แสดงในรูปด้านบนนั้น เป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น ทั้งนี้ระยะการหมุนและขนาดของพัลส์ที่ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ในแต่ละยี่ห้ออาจจะไม่เท่ากันดังนั้นในการใช้งานจะต้องศึกษารายละเอียนของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละรุ่นให้ดีเสียก่อนซึ่งโดยปกติแล้วรายละเอียดต่างๆของเซอร์โวมอเตอร์มักจะติดมากับที่ตัวมอเตอร์

ส่วนการที่จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆนั้น ก็สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างที่ระดับต่างๆ โดยอ้างอิงจากจุดทั้ง 3 จุด ที่ได้กล่าวมาแล้ว ตัวอย่างเช่นถ้าต้องการให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปที่มุม -45 องศา เราก็จะต้องสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และสัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms เพื่อเป็นการรักษาสภาพตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ไว้

โดยหลักการก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาความกว้างของพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมภายในตัวของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าได้จะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลให้เวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมสัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากันเซอร์โวมอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้างพัลส์ของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จึงจะหยุดหมุน

4.3.3 สาเหตุที่เลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์

เนื่องจากในกระบวนการติดตามวัตถุนั้น มีการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และแนวแกน y ทำให้ในการออกแบบชุดตั้งกล้องนั้น ต้องมีการออกแบบให้แนวแกน y นั้นอยู่บนชุดเคลื่อนที่แนวแกน x ทำให้ต้องการมอเตอร์ที่มีน้ำหนักเบาและสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทางผู้ดำเนินโครงงานจึงได้เลือกเอาเซอร์โวมอเตอร์มาเป็นอุปกรณ์ในการควบคุมตำแหน่งการหมุนของกล้อง เพื่อที่จะทำการติดตามวัตถุซึ่งเซอร์โวมอเตอร์นี้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา โดยเมื่อเทียบกับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีขนาดเท่ากันแล้ว นอกจากนี้เซอร์โวมอเตอร์ยังมีแรงบิดที่สูงกว่าอีกทั้งยังใช้สายควบคุมเพียงเส้นเดียวเท่านั้นและไม่จำเป็นต้องมีวงจรขับกระแสอื่นๆ เนื่องจากเซอร์โวมอเตอร์นี้จะมีบอร์ดควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ทำให้สะดวกต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในโครงงานการติดตามวัตถุอย่างยิ่ง ซึ่งด้วยเหตุนี้ผู้ดำเนินโครงงานจึงเลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์มาเป็นส่วนหนึ่งของโครงงานนี้

4.4 กล้องดิจิตอลพอร์ต USB

จากหัวข้อที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นส่วนที่นำมาประกอบกัน ในการทำโครงงานการติดตามวัตถุแต่สิ่งหนึ่งที่ขาดไม่ได้ในระบบการติดตามวัตถุนั้นก็คือ “กล้อง” ซึ่งกล้องเป็นสิ่งสำคัญของกระบวนการติดตามวัตถุ เพราะกล้องถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ส่วนแรกที่จะทำข้อมูลภาพเข้ามาสู่กระบวนการ การประมวลผลภาพ ซึ่งในการทำโครงงานนี้ได้เลือกใช้กล้องดิจิตอล พอร์ต USB

4.4.1 คุณสมบัติทั่วๆไปของกล้องดิจิตอลพอร์ต USB

โดยทั่วไปแล้วกล้องดิจิตอลจะเป็นได้ทั้งกล้องดิจิตอลสำหรับถ่ายภาพ และกล้องวิดีโอคอนเฟอร์เรนซ์ เนื่องจากสามารถจับภาพและเสียงในขณะมีการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ และสามารถทำการประชุม หรือสนทนาผ่านอินเตอร์เน็ต โดยได้ยินเสียง และเห็นหน้าของคู่สนทนาได้ทันที อีกทั้งสามารถพกพากล้องดิจิตอลนี้ออกไปถ่ายนอกสถานที่ได้ กล้องดิจิตอลพอร์ต USB ยังสามารถเป็นกล้องวิดีโอที่พร้อมสำหรับใช้บนอินเตอร์เน็ต หรือที่เรียกกันว่าวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ สามารถ capture ภาพได้สีสันสูงถึง 24 บิตสี (16.7 ล้านสี) และสามารถบันทึกวิดีโอได้ กล้องดิจิตอลพอร์ต USB สามารถทำหน้าที่เป็นกล้องถึง 3 ชนิด

- Video Conferencing ช่วยให้สามารถสนทนาผ่านอินเตอร์เน็ตโดยเห็นหน้าคู่สนทนาได้ในทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Security Camera ใช้ในการเฝ้ารักษาความปลอดภัยด้วย Web Cam Monitor สามารถบันทึกวิดีโอสั้น ๆ ได้
- Portable Digital Camera สามารถพกพาติดตัวไปถ่ายภาพนอกสถานที่ โดยไม่ต้องต่อกับ PC สามารถโฟกัสได้อิสระ และสามารถโหลดภาพเข้าสู่ PC ได้ในภายหลัง

4.4.2 สาเหตุที่เลือกใช้กล้องดิจิตอลพอร์ต USB

จากคุณสมบัติที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้กล้องชนิดนี้มีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งทางผู้ดำเนินงานจึงได้นำกล้องชนิดนี้ มาประยุกต์ใช้ในโครงงานการติดตามวัตถุเพียงแต่เป็นการจับภาพการเคลื่อนไหวของวัตถุเท่านั้น แล้วนำภาพเข้ามาประมวลผลด้วยโปรแกรมการประมวลผลภาพที่กล่าวมาแล้ว จะไม่มีการบันทึกภาพนิ่งหรือภาพวีดีโอ ซึ่งจากการทดลองพบว่าการใช้กล้องชนิดนี้ค่อนข้างที่จะมีประสิทธิภาพในการติดตามวัตถุเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ทฤษฎีทางด้านซอร์ฟแวร์ (Soft Ware) และการทำงานของระบบการติดตามวัตถุ (Object Tracking)

5.1 กล่าวนำ

ในการทำโครงงานการติดตามวัตถุนั้นซอร์ฟแวร์ที่จะนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะการเลือกซอร์ฟแวร์ที่จะนำมาใช้นั้นต้องสามารถทำการศึกษาได้ง่ายและต้องมีความสามารถที่ดี ในบทนี้จึงเป็นการกล่าวถึงซอฟท์แวร์ที่นำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมโดยจะกล่าวถึงคุณสมบัติตลอดจนสาเหตุที่เลือกนำซอฟท์แวร์นี้มาใช้ในระบบการติดตามวัตถุตลอดจนจะได้กล่าวของการทำงานของระบบการติดตามวัตถุว่ามีการทำงานอย่างไร

5.2 โปรแกรม MATLAB

MATLAB เป็นซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลขและกราฟฟิกส์ที่มีความซับซ้อนซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนามาจากโปรแกรมที่เกี่ยวข้องเมตริกซ์ซึ่งโปรแกรม MATLAB นี้มีข้อเด่นอยู่หลายประการ คือ

1. มีลักษณะเป็น interactive software ง่ายต่อผู้ใช้เบื้องต้นและง่ายต่อผู้ที่จะทำการเรียนรู้
2. การเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยาก การแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนทางคณิตศาสตร์สามารถทำได้ง่ายและเร็วกว่า เมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมด้วยวิธีอื่นๆ
3. มีฟังก์ชั่นที่สามารถนำไปใช้ได้ทันทีหรือเรียกว่า Tool Boxes เช่น control system , signal processing, dynamic system simulation , neural network และอื่นๆ
4. ผู้ใช้สามารถสร้างฟังก์ชั่นขึ้นมาได้เองเพื่อใช้กับงานเฉพาะสาขานั้นๆ ผู้ใช้จึงสามารถสร้าง Tool Boxes ของตังเองขึ้นมาได้ ในปัจจุบันนี้มีนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรหลายสาขาได้นำ MATLAB ไปพัฒนาใช้ในการสาขาต่างอย่างแพร่หลาย

ด้วยข้อเด่นดังที่กล่าวมานี้โปรแกรม MATLAB จึงได้รับความนิยมอย่างมากในหมู่นักศึกษาวิศวกรและผู้ที่ปฏิบัติงานทางวิศวกรรมตลอดจนถึงนักวิจัย ในมหาวิทยาลัยต่างประเทศก็ได้มีการใช้โปรแกรมนี้เป็นหลักสูตรเบื้องต้นสำหรับการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์และการเขียนโปรแกรม เพื่อแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมและในการทำโครงงานนี้ทางคณะผู้จัดทำก็ได้เลือก MATLAB เป็นซอฟท์แวร์ในการเขียนโปรแกรมการประมวลผลภาพเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 โปรแกรม Visual Basic 6.0

Visual Basic ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่ใช้เขียนโปรแกรมบน Windows ที่ได้รับความนิยมสูงสุด ทั้งนี้เพราะได้ผ่านการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจากเวอร์ชั่นแรกที่ทำงานบนดอส แล้วมาดังสุดขีดที่เวอร์ชั่นที่ 3.0 ที่สามารถทำงานบน Windows 3.1 จนก้าวมาถึงเวอร์ชั่นล่าสุดคือเวอร์ชั่น 6.0 ที่ได้รับความนิยมทั้งเมืองไทยและทั่วโลก

แต่ก่อนนั้นเราจะเรียกการสร้างแอพพลิเคชั่น (Application) ว่าการเขียนโปรแกรม โดยในอดีตนั้นนักเขียนโปรแกรมหรือโปรแกรมเมอร์ต่างๆก็ได้ผ่านความยุ่งยากของการเขียนโปรแกรมทำให้มองกันว่าการเขียนโปรแกรมเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและซับซ้อน

บริษัทไมโครซอฟท์ได้เล็งเห็นว่า ถ้าขืนทำให้การสร้างแอพพลิเคชั่นเป็นเรื่องยากแล้วก็เปรียบเสมือนเป็นการฆ่า Windows ในทางอ้อมนั่นเอง ทำให้มีการสร้างการเขียนโปรแกรมแบบ Visual Programming ขึ้นมา ซึ่งรูปแบบนี้ก็คือการเขียนโปรแกรมไปพร้อมๆกับการเห็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นมีเครื่องไม้เครื่องมือในการคอยอำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรมมากขึ้น ลดความซับซ้อนยุ่งยากต่างๆ ลงเหลือเฉพาะสิ่งที่ต้องเขียนโปรแกรมจริงๆเท่านั้น

Visual Basic ก็คือหนึ่งใน Visual Programming ที่ไมโครซอฟท์สร้างขึ้นมาและความเรียบง่ายของภาษาและการเขียนโปรแกรมที่รวดเร็วทำให้ได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบัน

5.3.1 จุดเด่นของ Visual Basic 6

1.) สามารถสร้างแอพพลิเคชั่นได้ง่ายและรวดเร็ว

Visual Basic ได้รับการวางตัวให้สร้างแอพพลิเคชั่นได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว เพื่อลดเวลาในการสร้างแอพพลิเคชั่นให้สั้นลง ซึ่งเรียกรูปแบบนี้ว่า Rapid Application Development หรือ RAD ทั้งนี้เพราะมีการขจัดงานที่โปรแกรมเมอร์ทำซ้ำๆซากๆออกไป ขจัดสิ่งที่ไม่จำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับการควบคุมฮาร์ดแวร์ การจัดการภายในของ Windows ออกไป เหลือไว้เฉพาะที่ต้องโฟกัสเกี่ยวกับปัญหาของงานจริงๆ แล้วเขียนโปรแกรมจัดการปัญหานั้นๆ ส่วนเรื่องอื่นเหลือไว้ให้ Visual Basic จัดการ

2.) การเขียนโปรแกรมที่ง่ายต่อการเรียนรู้

ถ้าได้มีโอกาสเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic จะเห็นว่าภาษา Basic ใน Visual Basic นั้นอ่านง่าย กล่าวคืออ่านแล้วใกล้เคียงกับภาษาที่เราใช้งานปกติ อ่านแล้วสามารถสื่อความหมายเข้าใจได้ง่ายกว่าภาษาโปรแกรมอื่นๆ ทำให้ผู้ที่เริ่มต้นในการเขียนโปรแกรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว

3.) รวมเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรม

นอกจากจะง่ายต่อการเรียนรู้แล้ว Visual Basic ยังมีเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยากเพราะจะมีเครื่องมือที่ช่วยให้ไม่ต้องจดจำไวยากรณ์ภาษาที่ยุ่งยาก และยังทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบอัตโนมัติว่าโปรแกรมที่เขียนนั้นถูกต้องตามหลักภาษาหรือไม่ มีการแยกแยะส่วนของโปรแกรมอย่างเป็นระเบียบทำให้งานของโปรแกรมเมอร์ลดลงไปได้มาก

นอกจากจะมีเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมแล้ว ยังมีเครื่องมือที่ใช้ทดสอบแก้ไขโปรแกรม (Debugger) ที่เขียนขึ้นมาว่าถูกต้องหรือไม่ มีระบบขอความช่วยเหลือ (Online Help) ไว้อ้างอิง และขอความช่วยเหลือในจุดที่เราสงสัยหรือข้องใจได้

เครื่องมือทั้งหมดที่กล่าวมาถูกจัดไว้ในสภาพแวดล้อมการทำงานเดียวกัน (เรียกย่อๆว่า IDE : Integrated Development Environment) ทำให้เรียกใช้งานได้สะดวกตั้งแต่เขียนโปรแกรม ทดสอบแก้ไข สร้างชุดติดตั้ง รวมทั้งระบบขอความช่วยเหลือ ซึ่งเราสามารถเพิ่มเติมเครื่องมือชนิดใหม่ๆ เข้าไปได้เรื่อยๆหรือถอดเครื่องมือที่ไม่จำเป็นต้องใช้เพื่อประหยัดพื้นที่ฮาร์ดดิสก์ก็ได้เช่นกัน

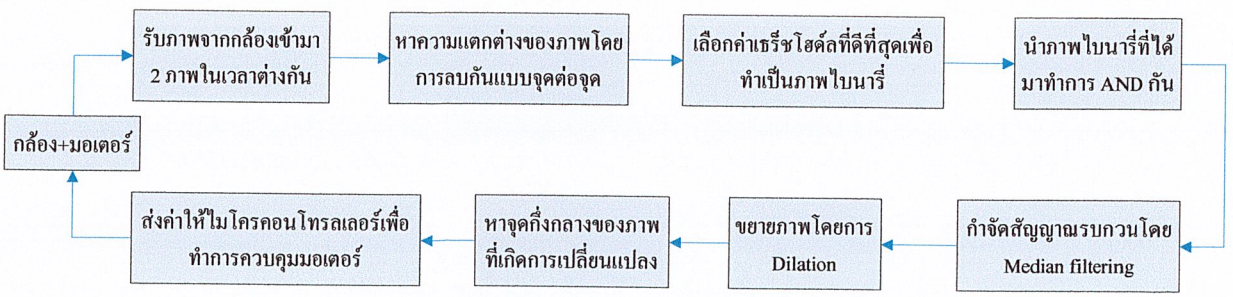
5.3.2 สาเหตุที่เลือกใช้โปรแกรม Visual Basic 6

เนื่องจากวิชวลเบสิกเป็นซอร์ฟแวร์ที่มีไว้สำหรับเขียนโปรแกรมและเป็นที่นิยมกันมากในหมู่โปรแกรมเมอร์สาเหตุที่เลือกใช้วิชวลเบสิคนั้นก็เนื่องจาก เป็นภาษาที่เหมาะสำหรับการรู้และศึกษาทำความเข้าใจได้ง่ายซึ่งวิชวลเบสิคมีข้อดีหลายประการคือ

- เหมาะสำหรับการเรียนรู้ทั้งในเรื่องไวยากรณ์และภาษาที่ใช้
- เป็นที่นิยมมากในตัวภาษาเพราะภาษาที่มีคนสนใจและเรียนรู้มากที่สุด
- เนื่องจากซอร์ฟแวร์นี้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพที่ดีขึ้นทั้งในด้านตัวภาษาและในเรื่องของการประมวลผล

ซึ่งจากคุณสมบัติและข้อดีดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้นทำให้ผู้ดำเนินโครงงานเลือกที่จะใช้ซอร์ฟแวร์นี้ในการเขียนโปรแกรมการประมวลผลและการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในโครงงานการติดตามวัตถุ

5.4 ขั้นตอนในการติดตามวัตถุ



รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนของการติดตามวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.1 ได้แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบการติดตามวัตถุ สามารถอธิบายเป็นลำดับขั้นได้ดังนี้

5.4.1 รับภาพจากกล้องเข้ามา 2 ภาพในเวลาที่ต่างกัน

เมื่อมีวัตถุผ่านเข้ามาในระยะการมองเห็นของกล้อง กล้องจะทำการรับภาพเข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในอัตรา 10 เฟรมต่อวินาที แต่เราจะนำเฉพาะ 2 เฟรมแรกมาใช้ในการกระทำการประมวลผลภาพ ซึ่งภาพ 2 เฟรมที่รับเข้ามานี้มีระยะเวลาห่างกัน 100 มิลลิวินาที รูป 2 เฟรมแรกที่นำมาใช้ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.2 ถ้าหากเรารับภาพเข้ามาในอัตราเร็วที่มากเกินไป โปรแกรมการประมวลผลภาพจะทำการประมวลผลไม่ทันและไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นทำงานไม่ทันไปด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะเวลาที่กล้องยังไม่หยุดนิ่งภาพที่เก็บมาได้นั้นจะไม่มีความคมชัด ทำให้การกระทำการประมวลผลภาพนั้นไม่มีประสิทธิภาพด้วยเช่นกัน ดังนั้นการจะทำการรับภาพเราต้องรับในขณะที่กล้องหยุดนิ่งเท่านั้น

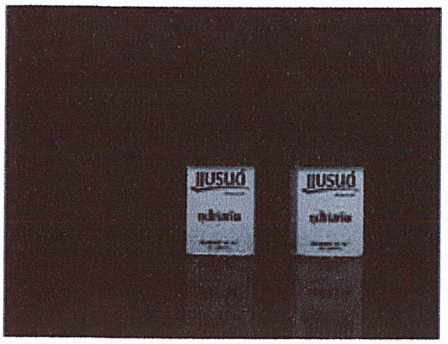
เฟรมที่ 1 เฟรมที่ 2

รูปที่ 5.2 แสดงภาพที่รับมาจากกล้องเฟรมที่ 1 และเฟรมที่ 2

5.4.2 หาความแตกต่างของภาพโดยวิธีการลบกันแบบจุดต่อจุด

หลังรับภาพเก็บเข้ามาไว้ในหน่วยความจำเป็นจำนวน 2 เฟรมแรกแล้ว จากนั้นจะนำภาพเฟรมที่ 1 และเฟรมที่ 2 มาทำการลบกันแบบจุดต่อจุด เพื่อให้ได้ความแตกต่างของภาพว่ามีจุดไหนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปบ้างและสามารถทราบได้ว่าส่วนไหนเป็นพื้นหลังส่วนไหนเป็น วัตถุ ซึ่งภาพหลังจากทำการลบกันแล้วได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

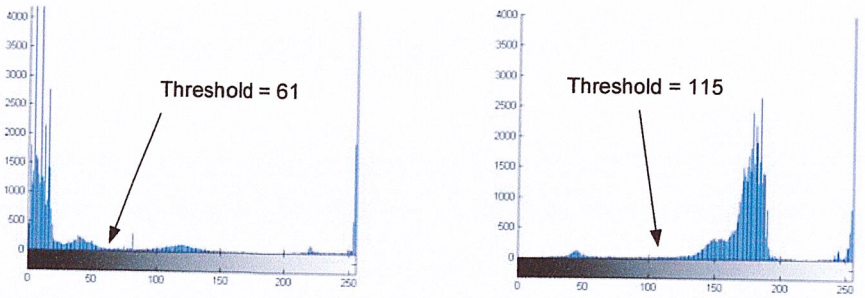


รูปที่ 5.3 แสดงภาพ 2 เฟรมแรกหลังจากทำการลบกันแล้ว

5.4.3 เลือกค่าเธร็ชโฮลด์ด้วยโปรแกรม MATLAB

หลังจากทำการลบกันแบบจุดต่อจุดแล้ว จะนำภาพที่ทำการลบกันแล้ว และภาพเฟรมที่ 2 ซึ่งเป็นเฟรมปัจจุบัน มาทำการตัดเธร็ชโฮลด์เพื่อให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น และทำให้ภาพที่ออกมาเป็นภาพแบบไบนารี่ โดยในขั้นตอนนี้จะทำการเปลี่ยนระดับความเข้มสีเทาของข้อมูลจาก 256 ระดับ ให้เป็นความเข้มสีเทาเพียง 2 ระดับ โดยนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนภูมิแท่ง (Histogram) ฮีสโตแกรมของทั้งภาพที่ทำการลบกันแล้วและฮีสโตแกรมของภาพเฟรมที่ 2 ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 5.4 (ก) และรูปที่5.4 (ข) ตามลำดับ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสีเทา (gray) กับจำนวนจุดภาพ (frequency) เพื่อใช้ในการดูกลุ่มข้อมูล ซึ่งเราสามารถแบ่งค่าออกเป็น 2 ระดับ (Binary image) โดยการเลือกค่าเธร็ชโฮลด์ (Threshold) ซึ่งเลือกโดยโปรแกรม MATLAB โดยเป็นการเลือกแบบอัตโนมัติ ซึ่งอ้างอิงตามทฤษฎีของ OTSU Method เพื่อกำหนดการสร้างภาพแบบไบนารี่ซึ่งสามารถแยกวัตถุออกจากภาพได้โดยข้อมูล 1 บิต คือข้อมูล 1 และ 0 โดยภาพหลังจากการตัดเธร็ชโฮลด์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 5.4 (ก) แสดงฮีสโตแกรมระดับสีเทาของภาพที่ลบกันแล้ว
(ข) แสดงฮีสโตแกรมระดับสีเทาของภาพเฟรมที่ 2

(ก) (ข)

รูปที่ 5.5 (ก) แสดงภาพหลังจากทำการตัดเธร็ชโฮลด์แล้วของภาพที่ลบกันแล้ว
(ข) แสดงภาพหลังจากทำการตัดเธร็ชโฮลด์แล้วของภาพที่ 2

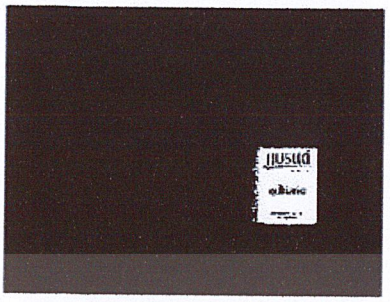
5.4.4 นำภาพที่เป็นไบนารี่มาทำการแอนด์กัน (And Operator)

หลังจากทำการตัดเธร็ชโฮลด์แล้วทั้งจากภาพที่ลบกันแล้วและภาพเฟรมที่2 ภาพที่ได้ออกมานั้นจะเป็นภาพแบบไบนารี่ ซึ่งทำให้เราสามารถนำภาพนั้นมาทำการแอนด์กันได้ โดยแต่ละจุดของภาพ มีค่าเป็นระดับศูนย์กับหนึ่งเท่านั้นโดยกำหนดให้สีขาวเป็นระดับหนึ่งและสีดำเป็นระดับศูนย์ โดยนำรูปที่ 5.5 (ก) และรูปที่ 5.5 (ข) มาทำการแอนด์กัน (AND Operator) โดยทำการแอนด์กันแบบจุดต่อจุด เพื่อให้ได้ภาพที่แสดงถึงตำแหน่งปัจจุบันของวัตถุ

โดยถ้าจุดที่แอนด์กันแบบจุดต่อจุดระหว่าง 2 ภาพเป็นสีขาวเหมือนกันค่าสีที่แสดงออกมาหลังจากการแอนด์กันนั้นก็จะเป็นสีขาว ส่วนในกรณีอื่นๆนอกจากนี้หลังจากแอนด์กันแบบจุดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

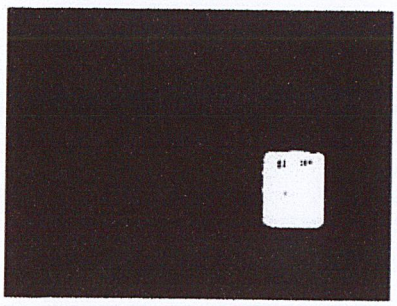
จุดค่าสีที่แสดงในจุดนั้นจะกลายเป็นสีดำทุกกรณี หลังจากกระทำการแอนด์กันเรียบร้อยแล้วจะได้ภาพดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แสดงภาพภายหลังจากทำการแอนด์กันแล้ว

5.4.5 การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยการกรองแบบมัธยฐาน (Median filtering)

จะสังเกตเห็นว่าภายหลังจากการทำขั้นตอนการแอนด์กันแล้ว ภาพเอาท์พุตที่ออกมานั้นจะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น เนื่องจากในขณะที่วัตถุมีการเคลื่อนที่หรือเมื่อกล้องมีการเคลื่อนที่ภาพที่ได้ ณ เวลาที่ต่างกันนั้นแสงจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและส่งผลกระทบทำให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ หรืออาจเกิดจากขั้นตอนในการเก็บภาพ หรือขั้นตอนการส่งข้อมูลภาพจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเป็นต้น ทำให้ต้องมีการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยการใช้การกรองแบบมัธยฐาน (Median filter) ขนาดของตัวกรองสัญญาณที่ใช้มีขนาดเท่ากับ 9x9 ซึ่งสามารถใช้ได้ตั้งแต่ที่ขนาด 3x3 ขึ้นไป แต่สาเหตุที่เลือกใช้ตัวกรองขนาด 9x9 นั้นเนื่องมาจากในการทดลองเขียนโปรแกรมพบว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ค่านี้ เมื่อทดลองใช้ตัวกรองสัญญาณที่มีขนาดเล็กกว่าขนาด 9x9 ทำให้กำจัดสัญญาณรบกวนออกไปไม่หมด และเมื่อทดลองใช้ขนาดของตัวกรองสัญญาณที่ใหญ่กว่าขนาด 9x9 จะทำให้รายละเอียดของภาพนั้นผิดเพี้ยนไปจากเดิม คือทำให้ภาพที่เห็นบริเวณของวัตถุมีบางส่วนขาดหายไป จะส่งผลให้การคำนวณหาค่าศูนย์กลางของวัตถุมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งภาพหลังจากทำการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้วได้แสดงดังใน รูปที่ 5.7 ซึ่งสังเกตได้ว่าสัญญาณรบกวนได้ถูกกำจัดไป โดยเหลือเฉพาะรูปร่างของวัตถุเท่านั้น



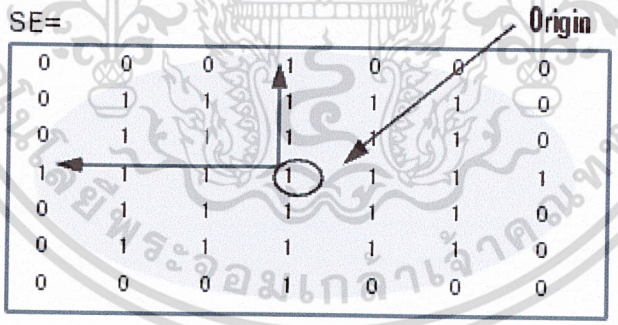
รูปที่5.7 แสดงภาพหลังจากทำการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.6 ขยายภาพโดยการไดเลชั่น (Dilation)

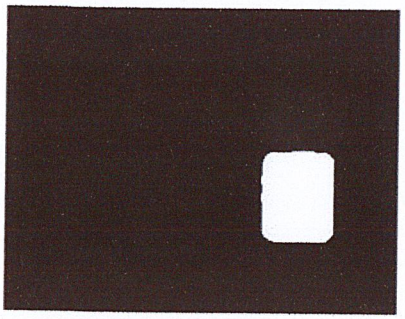
หลังจากทำการกำจัดสัญญาณรบกวนไม่ว่าจะกระทำด้วยวิธีใดก็ตาม จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพซึ่งภาพที่ได้จะมีความผิดเพี้ยนไปจากเดิม โดยสังเกตที่ภาพว่ามีบางส่วนของวัตถุที่ขาดหายไปบ้าง ซึ่งนั่นจะส่งผลให้การคำนวณค่าตำแหน่งของวัตถุมีความผิดพลาดเกิดขึ้น

ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาภาพที่มีความผิดเพี้ยนไปจากเดิม ในขั้นตอนนี้จะทำการขยายภาพ ด้วยวิธีการไดเลชั่น (Dilation) เพื่อให้ได้ภาพของวัตถุที่มีรายละเอียดครบถ้วนและชัดเจนมากยิ่งขึ้น แล้วสามารถนำภาพที่ได้ไปคำนวณหาค่าตำแหน่งและทิศทางของวัตถุที่จะเคลื่อนที่ไป ได้อย่างถูกต้อง ด้วยการใช้ตัวกระทำโครงสร้างพื้นฐานแบบดิสก์ (Disks Structuring Element) เป็นตัวกระทำการขยายภาพ เหตุที่ใช้ตัวกระทำโครงสร้างพื้นฐานแบบดิสก์ เนื่องจากการขยายภาพรอบ ๆ จุดที่ทำการขยายจะเป็นลักษณะวงกลม ถ้าหากใช้การขยายที่เป็นลักษณะสี่เหลี่ยมจะทำภาพมีความผิดเพี้ยนมากยิ่งขึ้น โดยทำให้ภาพของวัตถุมีรูปร่างเปลี่ยนไปจากเดิมอย่างมาก โดยวิธีการขยายแบบดิสก์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.8 โดยใช้ขนาด 7x7 ซึ่งเป็นขนาดที่ได้ทำการทดลองในการเขียนโปรแกรมแล้วพบว่าเป็นขนาดที่เหมาะสม เมื่อทดลองการทำไดเลชั่นที่ใช้ตัวกระทำโครงสร้างพื้นฐานที่ใหญ่กว่าขนาด 7x7 พบว่าจะทำให้สัญญาณรบกวนซึ่งในบางครั้งกำจัดไม่หมดมีขนาดใหญ่ขึ้นแล้วทำให้การหาค่าจุดศูนย์กลางของวัตถุเกิดความผิดพลาดได้ ผลที่ได้หลังจากทำการขยายภาพแล้วนั้นจะพบว่าภาพของวัตถุจะมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.8 แสดงลักษณะตัวกระทำโครงสร้างพื้นฐานแบบดิสก์ (Disks Structuring Element)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 แสดงภาพหลังจากทำการไดเลชั่น (Dilation)

5.4.7 หาค่าศูนย์กลางของวัตถุ

เมื่อได้ภาพของวัตถุจากการขยายภาพดังรูปที่ 5.9 เรียบร้อยแล้ว ต่อจากนั้นโปรแกรมก็จะทำการคำนวณหาค่าศูนย์กลางของวัตถุ โดยใช้หน่วยของพิกเซลเป็นขนาดของภาพ โดยการคำนวณหาค่าศูนย์กลางของวัตถุนี้จากสมการ ที่ 2.4 สามารถหาได้ดังสมการด้านล่างนี้

$$C_r = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{N}$$

$$C_c = \frac{\sum_{j=1}^{n} Y_j}{N}$$

โดยที่ Cr คือ ค่าเฉลี่ยตำแหน่งของแถว

Cc คือ ค่าเฉลี่ยตำแหน่งของคอลัมน์

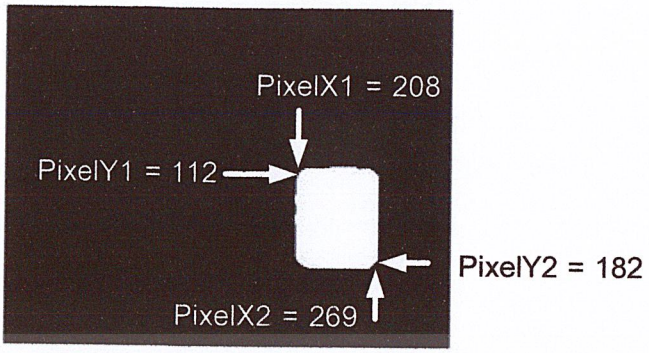
Xi คือ ค่าตำแหน่งของแถว

Yj คือ ตำแหน่งของคอลัมน์

i, j คือ จำนวนเต็มเท่ากับ 1.....n

N คือ จำนวนตำแหน่งทั้งหมดที่เกิดการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงภาพที่แสดงขอบเขตของวัตถุในรูปของพิกเซล

จากรูปที่ 5.10 ได้แสดงค่าของพิกเซลในตำแหน่งของแถวและค่าของพิกเซลในตำแหน่งของคอลัมน์ ซึ่งในตำแหน่งของแถวมีค่าเท่ากับ 208-269 พิกเซล และตำแหน่งของคอลัมน์มีค่าเท่ากับ 112-182 พิกเซล และค่า N ซึ่งเป็นจำนวนตำแหน่งทั้งหมดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในภาพสามารถคำนวณได้จากโปรแกรม MATLAB มีค่าเท่ากับ 4136 ซึ่งค่าตำแหน่งศูนย์กลางของวัตถุสามารถหาได้ดังนี้

$$C_r = \frac{\sum_{i=208}^{269} x_i}{4136}$$

$$= \frac{992359}{4136} = 239.93 \text{ พิกเซล}$$

และ

$$C_c = \frac{\sum_{j=112}^{182} y_j}{4136}$$

$$= \frac{614985}{4136} = 148.69 \text{ พิกเซล}$$

เมื่อได้ค่าตำแหน่งศูนย์กลางของวัตถุแล้ว จากนั้นจะนำมาคำนวณหาค่าจำนวนพัลส์ที่ต้องส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้หมุนกล้องตามตำแหน่งของวัตถุที่เคลื่อนที่ต่อไป ซึ่งค่าจำนวนพัลส์สามารถคำนวณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนพัลส์ในแนวแกน $X = \frac{\left[150 + \frac{(160 - C_r)}{11}\right]}{100}$

$$= \frac{\left[150 + \frac{(160 - 239.93)}{11}\right]}{100}$$

$$= 1.43\ ms$$

จำนวนพัลส์ในแนวแกน $Y = \frac{\left[150 - \frac{(120 - C_c)}{9}\right]}{100}$

$$= \frac{\left[150 + \frac{(120 - 148.69)}{9}\right]}{100}$$

$$= 1.53\ ms$$

เมื่อส่งค่าจำนวนพัลส์ไปยังเซอร์โวมอเตอร์แล้ว กล้องก็จะสามารถติดตามวัตถุที่เคลื่อนที่ไปได้โดยจัดให้วัตถุอยู่ในตำแหน่งศูนย์กลางของหน้าต่างแสดงผลอยู่เสมอ และเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ไปจากจุดเดิม โปรแกรมก็จะทำทุกขั้นตอนการติดตามวัตถุใหม่อีกครั้ง กล้องก็จะเคลื่อนที่ตามวัตถุไปเรื่อยๆ และวัตถุก็จะถูกจัดให้อยู่ศูนย์กลางของหน้าจอแสดงผลไปเรื่อยๆเช่นกัน ซึ่งวิธีการคำนวณค่าจำนวนพัลส์โดยละเอียดได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.3.3 และหัวข้อที่ 3.4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทดลองและผลการทดลอง

6.1 กล่าวนำ

แน่นอนว่าเมื่อมีการทำงานใดๆขึ้นก็ตามจะต้องมีการทดลองและผลการทดลองออกมาให้เห็นเพื่อที่จะได้เป็นแนวทางในการทำงาน สำหรับในบทนี้ก็จะเป็นกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของโครงงานการติดตามวัตถุซึ่งทางผู้ดำเนินงานได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ เพื่อที่จะได้ง่ายต่อการแก้ไข และดำเนินงานต่อไปดังนี้

การทดลองส่วนที่ 1 การทดลองการทำงานของชุดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้อง

การทดลองส่วนที่ 2 การทดลองการทำงานของระบบการติดตามวัตถุ

6.2 ทดลองการทำงานของชุดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้อง

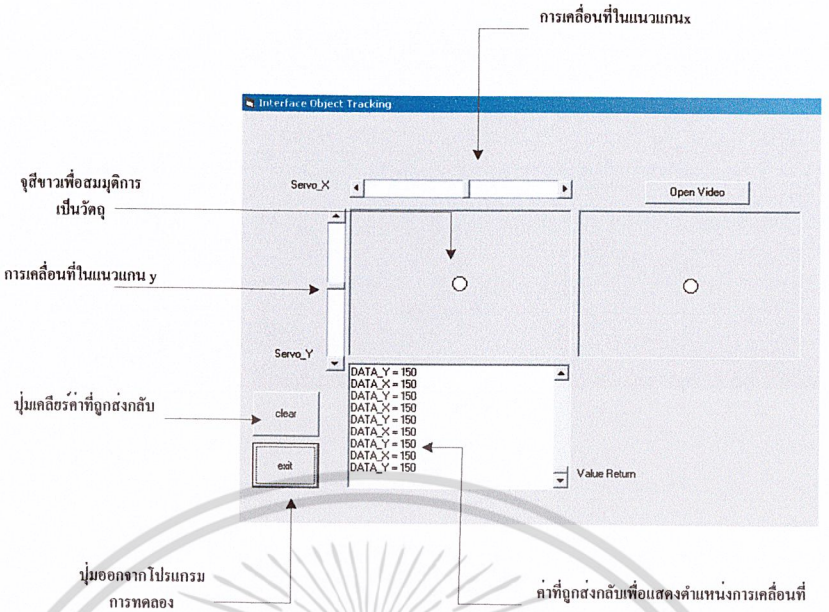
การทดลองในส่วนนี้เป็นการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ว่ามีการทำงานสัมพันธ์กันหรือไม่ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในระบบการติดตามวัตถุในโครงงานนี้เป็นการติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ในระนาบ x-y หรือเป็นการเคลื่อนที่ ไปทางซ้ายขวาและเคลื่อนที่ขึ้น ลง ทำให้ต้องมีการทดลองก่อนว่าเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้องสามารถทำงานได้หรือไม่และทำงานสัมพันธ์กันหรือไม่

สำหรับการทดลองนี้ได้ใช้วิธีการทดลอง โดยการเขียนโปรแกรมด้วยวิชวลเบสิกโดยกำหนดให้มีการหมุนของมอเตอร์ตามการเคลื่อนที่ของเมาท์พอยเตอร์ซึ่งยังไม่มีเรื่องของการประมวลผลภาพเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งมีลำดับขั้นการทดลองมีดังนี้

1. เขียนโปรแกรมสร้างแอพพลิเคชั่นควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์โดยใช้วิชวล-เบสิก ซึ่งโปรแกรมการทดลองในส่วนนี้สามารถศึกษาได้จากภาคผนวกของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ โดยกำหนดให้ เซอร์โวมอเตอร์เริ่มต้นอยู่ที่ 0 องศา และกำหนดให้มีการเคลื่อนที่ของเซอร์โว-มอเตอร์ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาและทิศทางตามเข็มนาฬิกาโดยเซอร์โวมอเตอร์ต้องหมุนไปที่ +90 องศาและ -90 องศา ตามลำดับ ซึ่งแอพพลิเคชั่นที่สร้างขึ้นมามีรูปแบบดังรูปที่ 6.1

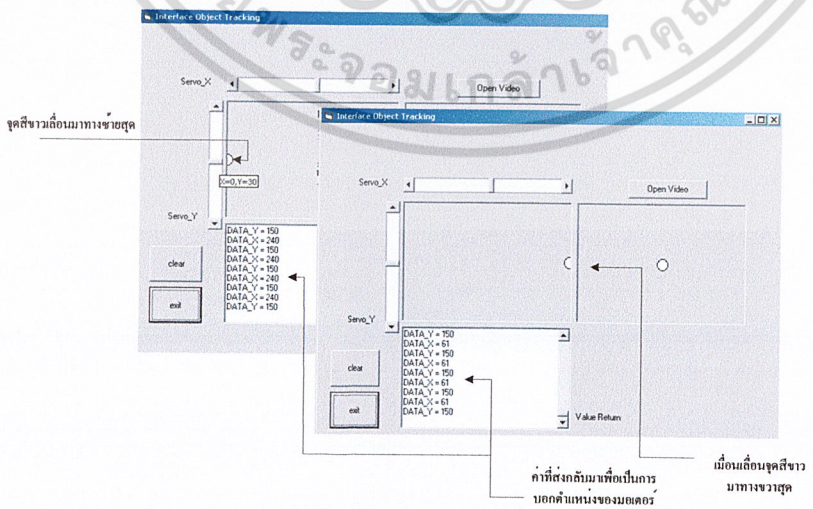
2. ต่อสายไฟเข้าและสายพอร์ทอนุกรม RS-232 เข้ากับชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับค่าจากโปรแกรมการทดลองในการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 แสดงแอพพลิเคชั่นที่สร้างขึ้นเพื่อทดลองการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้อง

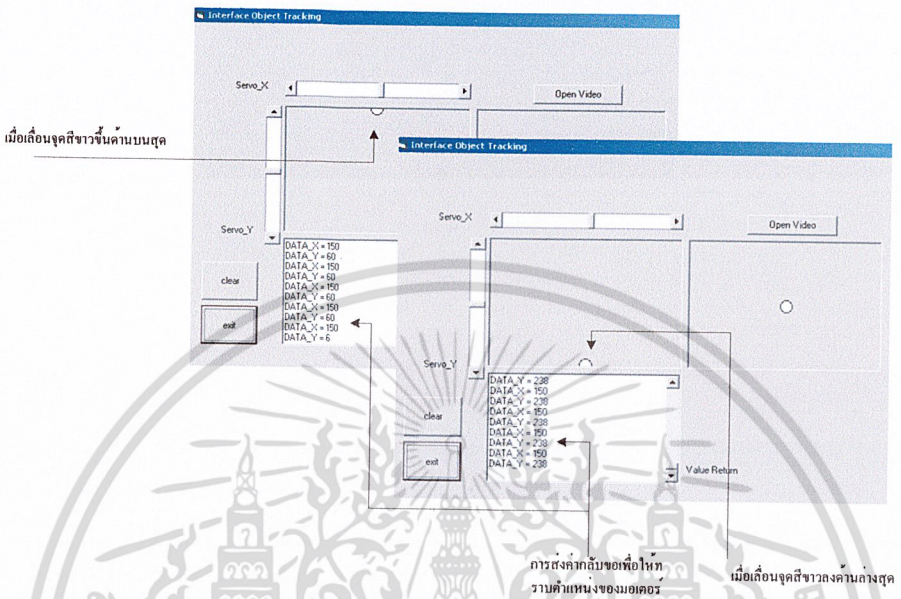
3. สมมุติให้จุดสีขาวที่อยู่ตรงกลางเป็นวัตถุที่กำลังมีการเคลื่อนที่ โดยที่ตำแหน่งที่จุดสีขาวอยู่นั้นเป็นตำแหน่งที่มอเตอร์อยู่ในสภาพปกติคืออยู่ที่ 0 องศา จากนั้นใช้เมาท์เลื่อนจุดสีขาวนั้นไปทางซ้าย ขวา ของหน้าจอ สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้องว่ามีการเคลื่อนที่อย่างไร และให้สังเกตที่หน้าจอด้านล่างซึ่งเป็นการส่งค่ากลับของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ทราบตำแหน่งว่าตอนนี้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งใดดังรูป



รูปที่ 6.2 แสดงการเลื่อนเมาท์ไปทางซ้ายและขวาและการส่งค่ากลับซึ่งเป็นการทดลองการหมุนของเซอร์มอเตอร์ในแนวแกน x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการทดลองการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ในแนวแกน y ทำโดยการใช้เมาท์เลื่อนจุดสีขาวขึ้นด้านบนและลงล่างของจอภาพสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ในแนวแกน y และดูค่าตำแหน่งที่ส่งกลับว่าเป็นอย่างไรดังรูป

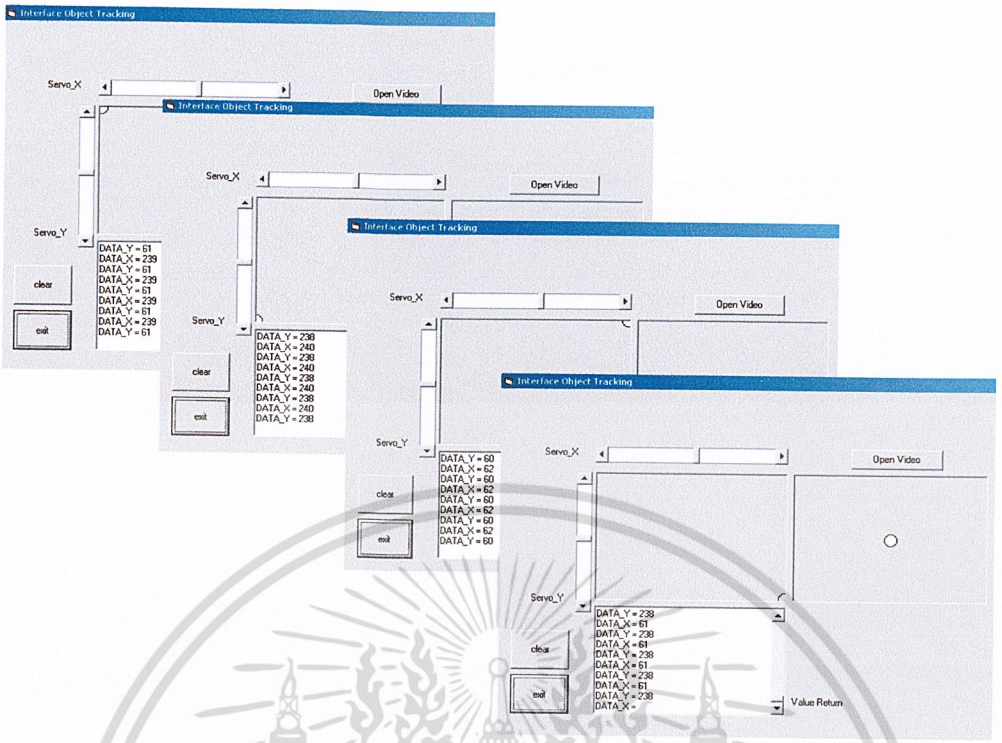


รูปที่ 6.3 แสดงการเลื่อนเมาท์ขึ้นลงและการส่งค่ากลับซึ่งเป็นการทดลองการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ในแนวแกน y

5. จากสองขั้นตอนที่ผ่านมานั้นเป็นการทดลองการหมุนของกล้องในแต่ละทิศทาง ต่อไปเป็นการทดลองการหมุนของเซอร์โซมอเตอร์โดยการหมุนในระนาบ x-y พร้อมกัน ซึ่งทำการทดลองโดยการใช้เมาท์เลื่อนจุดสีขาวไปในทิศทางแทยงมุมของจอภาพทั้ง 4 มุม ของจอภาพดังรูปที่ 6.4 แล้วสังเกตการณ์เคลื่อนที่ของของเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้องว่ามีการเคลื่อนที่อย่างไรและสังเกตการส่งค่าตำแหน่งกลับ

6. จากขั้นตอนที่ได้กล่าวมานั้นเป็นขั้นตอนการทดลองการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์และการทำงานของชุดขาตั้งกล้องซึ่งเป็นการทดลองโดยสมมุติการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นก่อนนำการเคลื่อนที่นี้ไปเข้าสู่ระบบการติดตามวัตถุจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 แสดงการทดลองการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้องในระนาบ x-y และการส่งค่าตำแหน่งกลับ

6.3 ผลการทดลองการทำงานของชุดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้อง

จากการทดลองที่ผ่านมานั้นเป็นการทดลองการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์และการทำงานของชุดขาตั้งกล้องโดยการทดลองในทิศทาง แนวแกน x แนว y และ x-y โดยการสมมุติการเคลื่อนที่ของจุดสีขาวบนจอภาพให้เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

การทดลองการเคลื่อนที่ในแนวแกน x เมื่อทำการเลื่อนจุดสีขาวไปทางด้านซ้ายสุดของจอภาพปรากฏว่า เซอร์โวมอเตอร์ได้หมุนทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งนั่นหมายความว่าเซอร์มอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศา ซึ่งสามารถตรวจสอบตำแหน่งของการหมุนได้จากการส่งค่ากลับที่หน้าจอสีขาวด้านล่าง ซึ่งเป็นการกำหนดจากการเขียนโปรแกรมโดยกำหนดให้ที่ตำแหน่ง 0 องศานั้นมีสัญญาณพัลส์อยู่ที่ 1.5 ms ที่ตำแหน่ง 90 องศา สัญญาณพัลส์จะอยู่ที่ 2.4 ms และที่ตำแหน่ง 90 องศา สัญญาณพัลส์จะอยู่ที่ 0.6 ms เช่นเดียวกันเมื่อเลื่อนจุดสีขาวไปทางด้านขวาสุดของจอภาพปรากฏว่าเซอร์โวมอเตอร์ได้หมุนไปทางขวาจนสุดซึ่งค่าที่ส่งกลับมาเท่ากับ 0.6 ms นั่นแสดงว่ามอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่ง -90 องศา

การทดลองการเคลื่อนที่ในแนวแกน y ในการเคลื่อนที่ในแนวแกน y นั้นได้กำหนดให้มีการหมุนในโปรแกรมการทดลองดังนี้ เมื่อมอเตอร์อยู่ที่ตำแหน่ง 0 องศา 90 องศาและ -90 องศา จะมีการส่งสัญญาณพัลส์มีค่าเท่ากับ 1.5 ms, 2.4 ms และ0.6 ms ตามลำดับ เมื่อเลื่อนจุดขาวไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งบนสุดของจอภาพเซอร์โวมอเตอร์ก็จะหมุนชุดขาตั้งกล้องในทิศทวนเข็มนาฬิกาและเมื่อเลื่อนจุดขาวลงมาสุดขอบภาพด้านล่างเซอร์โวมอเตอร์ก็จะหมุนตามเข็มนาฬิกาหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการหมุนขึ้นและลงนั่นเอง

การทดลองการเคลื่อนที่ในแนว x-y ในการติดตามวัตถุนั้นแน่นอนวัตถุที่เคลื่อนที่นั้นไม่ได้เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงตลอดเวลาซึ่งวัตถุจะมีการเคลื่อนที่ในแกน x-y ด้วย จากผลการทดลองที่ได้นั้น เมื่อเลื่อนจุดสีขาวไปที่ในแนวทแยงมุมขวาบนเซอร์โวมอเตอร์ก็จะหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกาหรือหมุนไปทางขวาในขณะเดียวกันเซอร์โวมอเตอร์ในแนวแกน y ก็จะหมุนทวนเข็มนาฬิกาหรือเป็นการหมุนขึ้นนั่นเองและที่จุดอื่นๆก็เช่นกัน

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าเซอร์โวมอเตอร์และชุดขาตั้งกล้องสามารถทำงานสัมพันธ์กันได้ในขณะที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ในแนวต่างๆ ซึ่งนั่นหมายความว่ากล้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุได้

6.4 การทดลองการทำงานของระบบการติดตามวัตถุ

การทดลองในส่วนนี้จะเป็นการทดลองในเรื่องของการทำงานของโปรแกรมการประมวลผลภาพว่าทำงานอย่างไรและสามารถทำงานได้ตามที่กล่าวมาแล้วหรือไม่ ซึ่งในการทดลองนั้นจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กรณี คือ ในกรณีที่วัตถุที่เคลื่อนที่นั้นเป็นลูกบอล และกรณีที่วัตถุที่มีการเคลื่อนที่เป็นบุคคล ซึ่งการทดลองและผลการทดลองมีดังนี้

6.4.1 การทดลองโปรแกรมในส่วนการติดตามวัตถุ

การทดลองในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดลองการติดตามวัตถุ โดยการทำงานประกอบด้วยโปรแกรม 2 ส่วน ด้วยกันคือ ส่วนที่ 1โปรแกรม Object Tracking ที่เขียนด้วยโปรแกรม Visual Basic และส่วนที่ 2โปรแกรม Image Cal ที่เขียนด้วยโปรแกรม MATLAB โดยโปรแกรม 2 ส่วนนี้จะทำงานร่วมกันกันคือ

ส่วนที่ 1 โปรแกรม Object Tracking ที่เขียนด้วยโปรแกรม Visual Basic นั้น ทำหน้าที่ติดต่อกับกล้อง เพื่อทำการจับภาพเข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำ โดยจับภาพเข้ามาด้วยอัตรา 10 เฟรมต่อวินาทีซึ่งเป็นอัตราที่เหมาะสม เพราะถ้าทำการจับภาพในอัตราที่เร็วมากเกินไปจะทำให้การทำงานส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นทำงานไม่ทัน จึงจำเป็นที่จะต้องเลือกอัตราที่เหมาะสมในการจับภาพ โดยภาพที่เก็บเข้ามานั้นจะเป็นภาพที่แสดงในเวลาที่ต่างกัน 100 มิลลิวินาที ภาพที่ 1 เก็บเป็นภาพก่อนหน้า (previous image) และภาพที่ 2 เก็บเป็นภาพปัจจุบัน (current image) ซึ่งเป็นภาพระดับสีเทา และนำมาแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยผ่านโปรแกรมที่เขียนด้วย Visual Basic ซึ่งมีความละเอียดของภาพ 320x240 พิกเซล โดยที่ภาพ 2 ที่เป็นปัจจุบัน (current image) นั้นจะกลายเป็นภาพที่ 1 ซึ่งเป็นภาพก่อนหน้า (previous image) ในเวลาต่อมา เหตุผลเพื่อใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นภาพอ้างอิงในการประมวลผลภาพเพื่อใช้ในการติดตามวัตถุ และยังทำงานเพื่อติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย

ส่วนที่ 2 โปรแกรม Image Cal ที่เขียนด้วยโปรแกรม MATLAB นั้นทำหน้าที่ประมวลผลภาพ เนื่องจากโปรแกรม Object Tracking ที่เขียนด้วยโปรแกรม Visual Basic ไม่สามารถทำการประมวลผลได้ทันและจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการติดตามวัตถุขึ้น จึงให้โปรแกรม Image Cal ช่วยในเรื่องของการประมวลผลของภาพและคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ซึ่งโปรแกรม Image Cal จะมีฟังก์ชั่นของโปรแกรม MATLAB ที่อำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรมประมวลผลของภาพมากและมีความรวดเร็วในการคำนวณ โดยในการประมวลผลภาพนั้น จะมีการประมวลผลโดยวิธีการ นำภาพที่ 1 และภาพที่ 2 มาลบกัน โปรแกรมก็จะทำการลบภาพทั้ง 2 เฟรม แบบจุดต่อจุด (difference operator) เพื่อให้ได้ความแตกต่างของภาพทั้ง 2 เฟรม และสามารถแยกวัตถุกับพื้นหลังออกได้ อย่างชัดเจน จากนั้นโปรแกรมก็จะนำภาพในเฟรมที่ 2 และภาพที่ทำการลบกันแล้วมาเลือกค่าเธร็ชโฮลด์อัตโนมัติ (auto threshold selection) เพื่อแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพไบนารี่คือเป็นภาพที่มีเฉพาะระดับสีขาวและสีดำเท่านั้น จากนั้นโปรแกรมก็จะนำภาพทั้ง 2 ที่ทำการเลือกค่าเธร็ชโฮลด์แล้วมาทำการแอนด์กันทางลอจิก (AND operator) เพื่อให้ทราบถึงภาพที่แสดงตำแหน่งของวัตถุในตำแหน่งปัจจุบัน โดยภาพที่ได้หลังจากการแอนด์กันทางลอจิกแล้วจะเป็นภาพที่มีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นซึ่งเกิดจากสภาวะแวดล้อมที่แสงไม่สม่ำเสมอจึงต้องมีการกำจัดสัญญาณรบกวนออกไป โดยโปรแกรมจะนำภาพที่ได้หลังจากการแอนด์กันทางลอจิกมาทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีการกรองสัญญาณรบกวนแบบมัธยฐาน (median filter) หลังจากทำการกรองสัญญาณรบกวนออกแล้วจะทำให้ได้ภาพของของวัตถุที่ชัดเจนมากขึ้นแต่รายละเอียดของภาพวัตถุที่ได้นั้นอาจมีส่วนที่ขาดหายไปอันเนื่องมาจากการกำจัดสัญญาณรบกวน ดังนั้นจึงต้องมีการขยายภาพของวัตถุที่ได้ด้วยวิธีการไดเลชั่น(dilation) เพื่อให้ได้ภาพของลูกบอลที่มีรายละเอียดครบถ้วนและชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยภาพของวัตถุที่ผ่านการไดเลชั่นแล้วก็จะถูกนำมาคำนวณหาค่าศูนย์กลางของวัตถุ (CG) ที่มีการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างซึ่งวิธีการคำนวณนั้นได้แสดงตัวอย่างไว้ในบทที่ 5 จากนั้นค่าศูนย์กลางของวัตถุจะถูกเทียบกับจุดศูนย์กลางของจอแสดงผล ที่ตำแหน่ง X = 160 ,Y = 120 ตามค่าความละเอียดของภาพคือ 320x240 หลังจากที่โปรแกรม จะคำนวณระยะห่างระหว่างค่าศูนย์กลางของวัตถุกับจุดศูนย์กลางของจอแสดงผล เพื่อแสดงถึงตำแหน่งของวัตถุที่อยู่ในภาพและคำนวณค่าของพัลส์ที่จะส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการติดตามวัตถุต่อไป

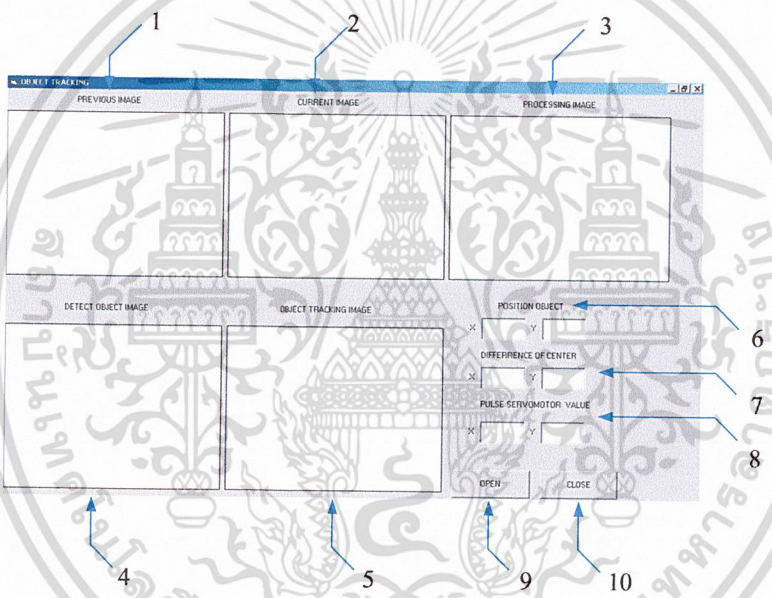
จากนั้นโปรแกรม Object Tracking ก็จะทำการติดต่อกับโปรแกรม Image Cal ที่เขียนขึ้นเพื่อช่วยในการประมวลผลของภาพ เพื่อทำการส่งภาพก่อนหน้าและภาพปัจจุบัน และเป็นข้อมูลภาพให้โปรแกรม Image Cal ช่วยในการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุที่อยู่ในภาพ ตลอดจนนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ผ่านการประมวลผลภาพแล้วมาแสดงผลเพื่อให้ทราบตำแหน่งของวัตถุและนำข้อมูลของค่าพัลส์ที่จะส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์มาแสดงผลด้วย

6.4.2 หน้าต่างของโปรแกรมในส่วนการติดตามวัตถุ

โปรแกรมในส่วนของการติดตามวัตถุ (Object Tracking) นั้นถูกเขียนขึ้นนั้นด้วยโปรแกรม Visual Basic เป็นโปรแกรมหลักเพื่อทำการติดต่อกับกล้องเพื่อทำการรับภาพเข้ามาแสดงผล ทำการติดต่อส่งและรับข้อมูลภาพกับโปรแกรม MATLAB เพื่อทำการประมวลผลภาพ คำนวณค่าตำแหน่งของวัตถุ คำนวณค่าพัลส์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ และทำการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ติดตามวัตถุต่อไป ดังรูปที่แสดงในรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมในส่วนของการติดตามวัตถุ

รายละเอียดของหน้าต่างโปรแกรมมีดังนี้

1. แสดงภาพที่เป็นภาพก่อนหน้า
2. แสดงภาพที่เป็นภาพปัจจุบัน
3. แสดงภาพผลของการประมวลผลภาพ
4. แสดงภาพการตรวจจับวัตถุ
5. แสดงภาพการติดตามวัตถุ
6. แสดงตำแหน่งของวัตถุที่อยู่ในภาพ
7. แสดงระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวัตถุและจุดศูนย์กลางของภาพ
8. แสดงค่าพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เปิดโปรแกรม
10. ปิดโปรแกรม

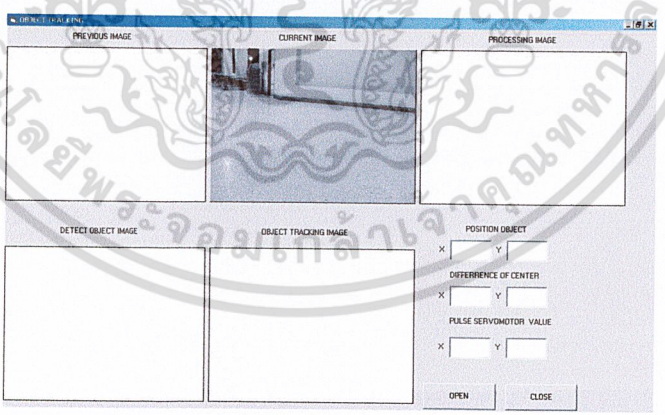
6.5 การทดลองโปรแกรมในส่วนของการติดตามวัตถุ

การทดลองในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดลองการทำงานของโปรแกรมการติดตามวัตถุ ประกอบด้วยการทำงาน 2 ส่วนคือ

1. การทดลองการติดตามวัตถุที่เป็นลูกบอลที่เคลื่อนที่
2. การทดลองการติดตามวัตถุที่เป็นคนที่เคลื่อนที่

6.5.1 การทดลองการติดตามวัตถุที่เป็นลูกบอลที่เคลื่อนที่

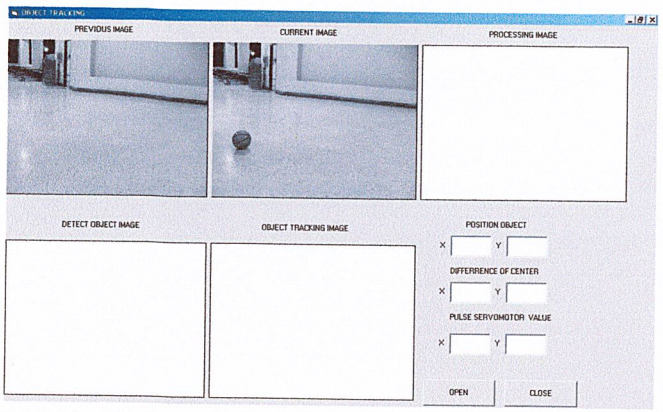
ในการทดลองลองในกรณีนี้จะใช้ลูกบอลเป็นวัตถุที่สมมุติให้มีการเคลื่อนที่ผ่านขอบข่ายการมองเห็นของกล้อง ซึ่งเมื่อลูกบอลเคลื่อนที่ผ่านเข้ามายังขอบข่ายการมองเห็นของกล้องซึ่งถูกติดตั้งอยู่บนตัวเซอร์โวมอเตอร์ กล้องก็จะทำการรับภาพเข้ามาเก็บไว้ยังหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ภาพที่แสดงในเวลาที่ต่างกัน 100 มิลลิวินาที ภาพที่ 1 เก็บเป็นภาพก่อนหน้า (previous image) และภาพที่ 2 เก็บเป็นภาพปัจจุบัน (current image) ซึ่งเป็นภาพระดับสีเทา ดังรูปที่ 6.6 และรูปที่ 6.7 ตามลำดับ



รูปที่ 6.6 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพปัจจุบันในการติดตามลูกบอล

จากรูปที่ 6.6 เมื่อโปรแกรมเริ่มการทำงานโปรแกรมจะเริ่มการจับภาพ (capture image) จะแสดงให้เห็นถึงภาพที่ 1 ซึ่งแสดงถึงภาพ ณ เวลาปัจจุบัน (current image) และจะทำการแสดงภาพที่ที่ 2 ซึ่งเป็นภาพ ณ เวลาต่อมา เมื่อแสดงภาพที่ 2 แล้วภาพที่ 1 จะเปลี่ยนไปเป็นภาพก่อนหน้า (previous image) ดังรูปที่ 6.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

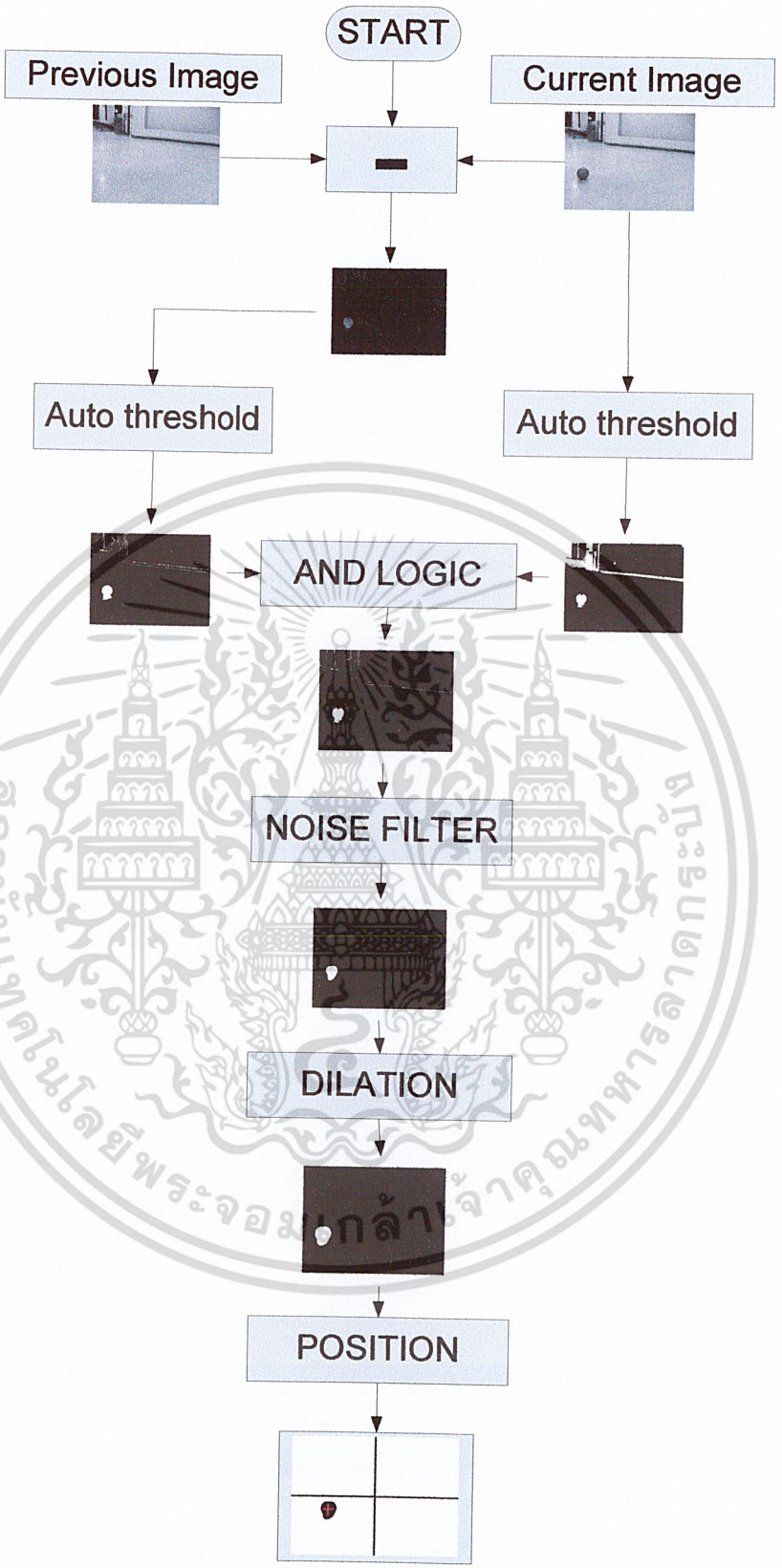


รูปที่ 6.7 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพก่อนหน้าและภาพปัจจุบันของโปรแกรมการติดตามลูกบอล

จากรูปที่ 6.7 แสดงให้เห็นว่าหน้าต่างของโปรแกรมแสดงภาพที่เป็นภาพปัจจุบันแล้วเปลี่ยนไปเป็นภาพก่อนหน้า และมีภาพปัจจุบันที่เป็นภาพใหม่แสดงให้เห็น จะสังเกตได้ว่า หน้าต่างที่แสดงภาพปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีวัตถุซึ่งเป็นลูกบอลเคลื่อนที่เข้ามาในขอบเขตระยะการมองเห็นของกล้อง ในขณะที่โปรแกรมแสดงภาพผ่านหน้าต่างของโปรแกรม Object Tracking อยู่นั้น โปรแกรม Object Tracking ก็จะทำติดต่อกับโปรแกรม Image Cal ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับทำการประมวลผลภาพในโปรแกรม MATLAB เพื่อส่งข้อมูลภาพ ทั้ง 2 ภาพ คือ ภาพ ปัจจุบัน (current image) และภาพก่อนหน้า (previous image) ให้กับ โปรแกรม Image Cal ทำการประมวลผลภาพ และทำการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุ และส่งผลข้อมูลภาพเพื่อมาแสดงผลที่โปรแกรม Object Tracking ต่อไปสามารถแสดงขั้นตอนในการประมวลผลของโปรแกรมได้ดังรูปที่ 6.8 จากนั้น

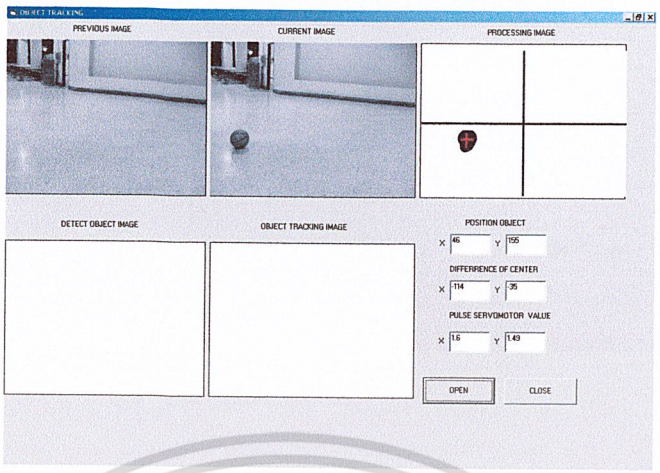
การหาตำแหน่งของวัตถุโดยการหาจุดศูนย์กลางของวัตถุคือลูกบอลในภาพสามารถหาได้โดยการคำนวณด้วยโปรแกรม Motion Cal ใน MATLAB มีค่าดังแสดงที่ตารางที่ 6.2 การคำนวณหาค่าศูนย์กลางของวัตถุแสดงวิธีการคำนวณไว้ในบทที่ 5 ในลำดับที่ 1 สามารถอธิบายได้ดังนี้ภาพมีความละเอียด 320x240 พิกเซล ตำแหน่งของวัตถุคือลูกบอลอยู่ที่จุดภาพ X = 46 และ Y = 155 ห่างจากจุดศูนย์กลางของภาพเท่ากับ X = -114 และ Y = -35 โดยจุดศูนย์กลางของภาพเท่ากับ X = 160 Y = 120 ดังนั้นเซอร์โวมอเตอร์ต้องเคลื่อนที่ให้ตำแหน่งของลูกบอลมาอยู่ที่จุดศูนย์กลางของภาพ โดยที่เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 เคลื่อนที่ในแนวแกน X และเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 เคลื่อนที่ในแนวแกน Y เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 จะเคลื่อนที่หมุนไปทางซ้ายด้วยค่าพัลส์เท่ากับ 1.6 ms และเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 จะเคลื่อนที่หมุนลงด้วยค่าพัลส์เท่ากับ 1.49 ms โดยจะส่งค่าพัลส์นี้ไปให้กับโปรแกรม Object Tracking เพื่อทำการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วส่งให้เซอร์โวมอเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



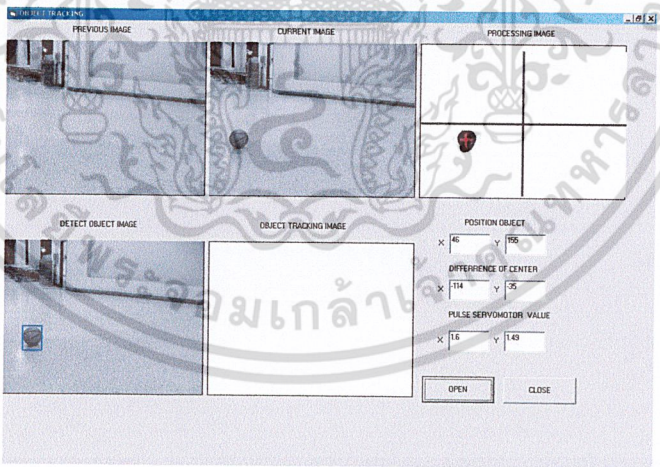
รูปที่ 6.8 แสดงขั้นตอนของการประมวลผลของโปรแกรม Image Cal ในโปรแกรม MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพตำแหน่งของลูกบอล

จากรูปที่ 6.9 แสดงให้เห็นหน้าต่างของโปรแกรมที่แสดงตำแหน่งของวัตถุในภาพ และข้อมูลจุดศูนย์กลางของภาพ จุดศูนย์กลางของวัตถุ (CG) ในภาพ ระยะห่างของวัตถุจากจุดศูนย์กลางของภาพ และค่าพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์ จากนั้น โปรแกรม Object Tracking จะแสดงให้เห็นการตรวจจับวัตถุในภาพดังรูปที่ 6.10

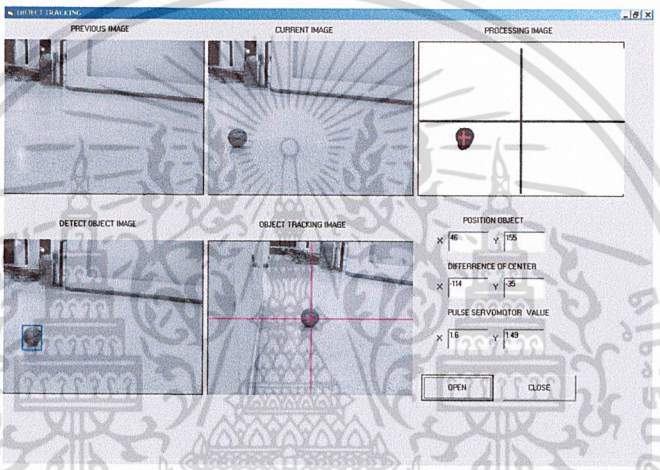


รูปที่ 6.10 แสดงภาพโปรแกรมแสดงการตรวจจับตำแหน่งของลูกบอล

จากรูปที่ 6.10 สามารถอธิบายได้ดังนี้คือเมื่อโปรแกรม Object Tracking ทราบตำแหน่งของลูกบอลและขนาดของลูกบอลในภาพที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม Image cal ใน MATLAB ก็จะทำการวาดกรอบสีน้ำเงินรอบวัตถุคือลูกบอลเพื่อแสดงให้เห็นตำแหน่งของลูกบอลในภาพ หลังจากนั้นโปรแกรม Object Tracking ก็จะทำการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรม เพื่อส่งค่าพัลส์ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัวให้เคลื่อนที่ตามค่าพัลส์ที่ส่งให้ ซึ่งมีกล้องถูกติดตั้งบนตัวเซอร์โวมอเตอร์ทั้งสองโดย ค่าพัลส์ที่ส่งให้ไปกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะทำการคำนวณได้จากระยะห่างของจุดศูนย์กลางของลูกบอล (CG) และ จุดศูนย์กลางของภาพ (center of screen) ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง เพื่อให้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ตามทิศทางที่ควบคุมและรักษาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของลูกบอล (CG) ให้เข้าใกล้หรืออยู่ตรงจุดศูนย์กลางของภาพเสมอ เมื่อเซอร์โวมอเตอร์ได้รับค่าพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะเคลื่อนที่และรักษาตำแหน่งตามค่าพัลส์ที่ได้รับ และในเวลาเดียวกันโปรแกรม Object Tracking จะแสดงภาพที่เห็นการติดตามลูกบอลดังรูปที่ 6.11

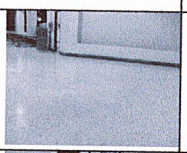
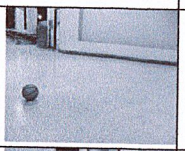
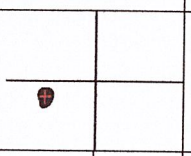
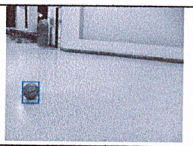
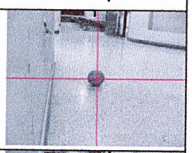
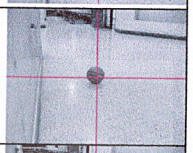
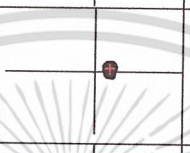
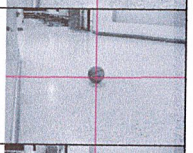
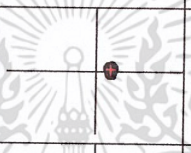
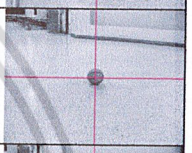
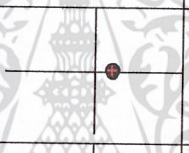
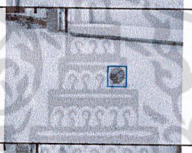
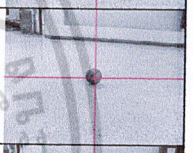
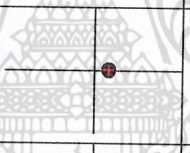
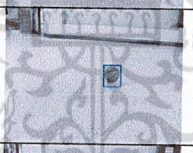
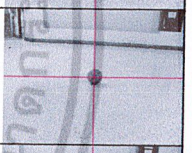
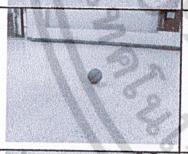
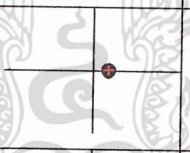
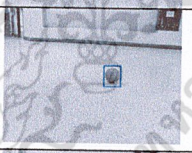
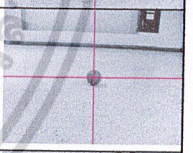
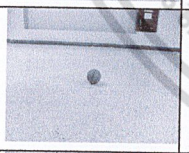
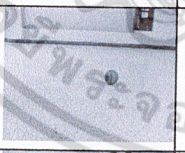
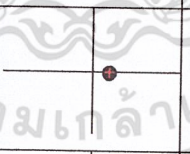
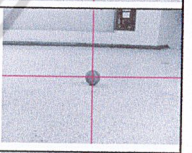
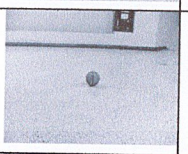
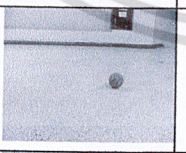
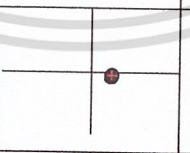
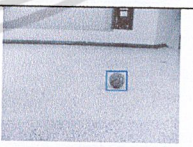
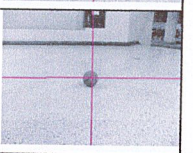
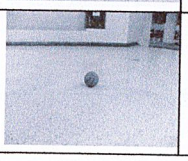
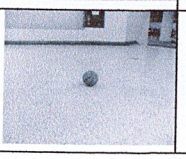
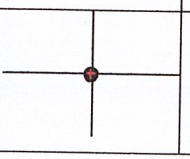
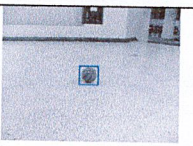
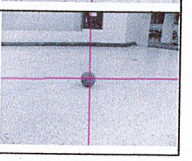


รูปที่ 6.11 แสดงภาพการเคลื่อนที่ของกล้องที่กำลังติดตามลูกบอล

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ส่งค่าพัลส์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่าพัลส์ กลับมาที่โปรแกรม Object Tracking เพื่อให้โปรแกรม Object Tracking รับรู้ว่าขณะนี้เซอร์โวมอเตอร์ได้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งตามค่าพัลส์ที่ส่งไปให้แล้ว และโปรแกรม Object Tracking ก็จะสามารถ รับภาพจากหน่วยความจำเข้ามาแสดงผลและทำการส่งข้อมูลภาพให้โปรแกรม Image Cal ประมวลผลภาพ คำนวณหาจุดศูนย์กลางของวัตถุและส่งค่าให้กับโปรแกรม Object Tracking เพื่อแสดงผล และทำการติดตามวัตถุต่อไป ดังที่แสดงในตารางที่ 6.1 แสดงให้เห็นถึงการติดตามวัตถุเมื่อมีลูกบอลเคลื่อนที่เข้ามายังขอบเขตการมองเห็นของกล้องโปรแกรม Object tracking โปรแกรมก็จะทำการติดตามลูกบอล เมื่อลูกบอลหยุดการเคลื่อนที่โปรแกรม Object tracking ก็จะรักษาตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ให้หยุดการเคลื่อนที่ตามไปด้วย ซึ่งตำแหน่งของลูกบอลและระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของภาพกับจุดศูนย์กลางของลูกบอล ตลอดจนทิศทางการหมุนและค่าพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงผลการติดตามวัตถุซึ่งวัตถุเป็นลูกบอล

ลำดับที่	ภาพก่อนการเปลี่ยนแปลง	ภาพปัจจุบัน	ภาพการประมวลผลภาพ	การบอกตำแหน่ง	ภาพการติดตามวัตถุ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 ตารางแสดงค่าตำแหน่งของลูกบอลในภาพ

ลำดับที่	ตำแหน่งของวัตถุ (พิกเซล)		ระยะจากจุดศูนย์กลางภาพ (พิกเซล)		ค่าพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์ (ms)	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	46	155	← 114	↓ 35	1.6	1.49
2	183	125	58 →	↓ 5	1.48	1.54
3	196	115	36 →	↑ 5	1.47	1.51
4	195	117	35 →	↑ 3	1.47	1.50
5	202	119	42 →	↑ 1	1.46	1.50
6	193	118	33 →	↑ 2	1.47	1.50
7	196	120	36 →	0	1.47	1.50
8	199	125	39 →	↓ 5	1.46	1.51
9	207	130	47 →	↓ 10	1.46	1.51
10	161	121	1 →	↓ 1	1.50	1.50

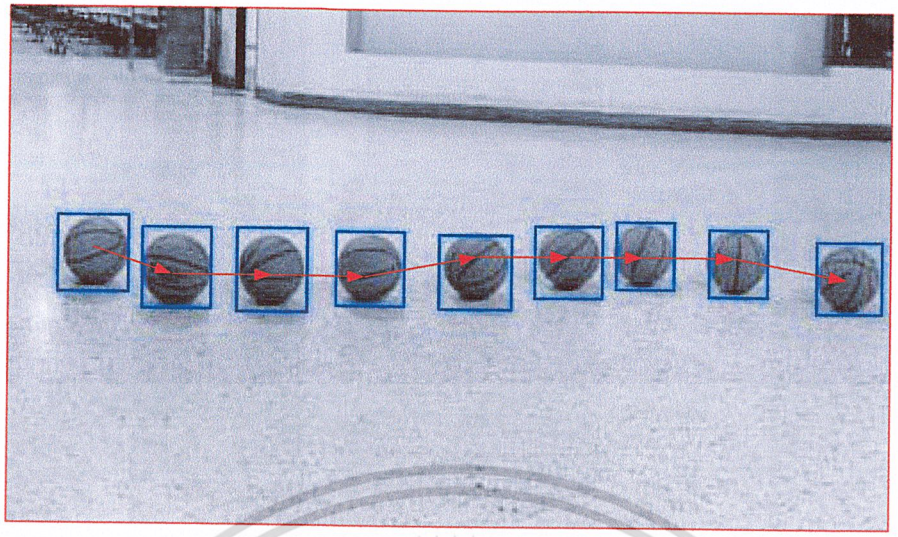
* หมายเหตุ ↑ แสดงถึงทิศทางหมุนขึ้นของเซอร์โวมอเตอร์มอเตอร์

↓ แสดงถึงทิศทางหมุนลงของเซอร์โวมอเตอร์มอเตอร์

← แสดงถึงทิศทางหมุนไปทางซ้ายของเซอร์โวมอเตอร์มอเตอร์

→ แสดงถึงทิศทางหมุนไปทางขวาของเซอร์โวมอเตอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.12 รูปแสดงทิศทางการติดตามลูกบอลที่มีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง

จากรูปที่ 6.12 แสดงให้เห็นถึงทิศทางการติดตามลูกบอลของโปรแกรม Object Tracking ที่สามารถติดตามลูกบอลได้

6.5.2 ผลการทดลองในกรณีที่วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นลูกบอล

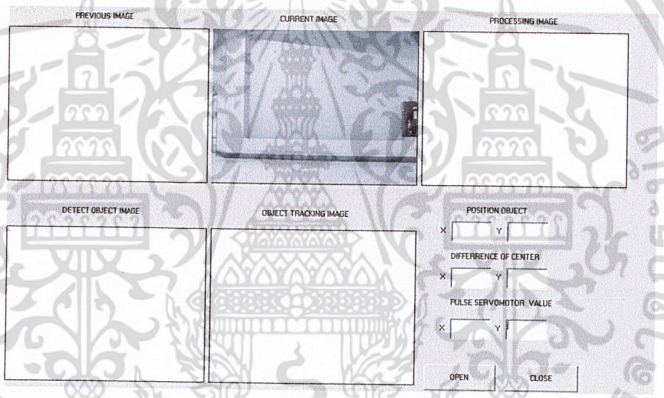
จากการทดทดลองข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นผลการทดลองที่ได้เป็นดังในตารางที่ 6.1 ซึ่งในตารางที่ 6.1 นั้นจะแสดงการเคลื่อนที่ของลูกบอลที่มีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องจากลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ 10 ได้แสดงผลตามลำดับดังนี้ ในลำดับที่ 1 นั้นเป็นการเริ่มต้นของระบบการติดตามวัตถุจะเห็นว่าภาพที่รับเข้ามานั้นเป็นภาพในเวลาที่ต่างกัน คือเป็นภาพก่อนมีการเปลี่ยนแปลงของลูกบอลและภาพของลูกบอลในปัจจุบันหลังจากผ่านกระบวนการประมวลผลภาพแล้วจะทำให้เราเห็นภาพของวัตถุที่โปรแกรมสามารถตรวจจับได้และจะแสดงกรอบของวัตถุให้เห็นและเมื่อผ่านกระบวนการประมวลผลภาพแล้วจะทำให้เราทราบค่าศูนย์กลางของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ ในช่องสุดท้ายนั้นจะเป็นการแสดงภาพการติดตามวัตถุจะเห็นว่าภาพของวัตถุนั้นจะอยู่ตรงกลางของภาพซึ่งเป็นไปตามต้องการ ส่วนในลำดับที่ 2 นั้น จะเห็นว่าภาพที่เป็นภาพปัจจุบันของลำดับที่ 1 จะกลายมาเป็นภาพก่อนการเปลี่ยนแปลงของลำดับที่ 2 ส่วนภาพปัจจุบันในลำดับที่ 2 นั้นก็จะเป็นภาพที่รับเข้ามาใหม่เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ต่อไปภาพในลำดับที่ 2 นี้ก็จะผ่านกระบวนการเช่นเดียวกับลำดับที่ 1 เป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อยจนกว่าลูกบอลนั้นจะเคลื่อนที่ออกจากขอบข่ายการมองเห็นของกล้องก็จะเป็นอันจบกระบวนการติดตามวัตถุจนกว่าจะมีวัตถุผ่านเข้ามาจึงจะเริ่มกระบวนการใหม่ จากตารางที่ 6.1 นั้นจะเห็นว่าเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง ภาพการติดตามวัตถุที่ได้นั้นก็จะอยู่ตรงกลางของภาพเสมอนั่นเป็นการแสดงให้เห็นว่าระบบการติดตามวัตถุนี้สามารถทำการติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ได้จริง ซึ่งตำแหน่งของลูกบอลและระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของภาพกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดศูนย์กลางของลูกบอล ตลอดจนทิศทางการหมุนและค่าพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 6.2 ส่วนในรูปที่ 6.12 นั้นเป็นการแสดงการตรวจจับวัตถุที่เป็นลูกบอลที่มีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง

6.5.3 การทดลองการติดตามวัตถุเป็นคนที่เคลื่อนที่

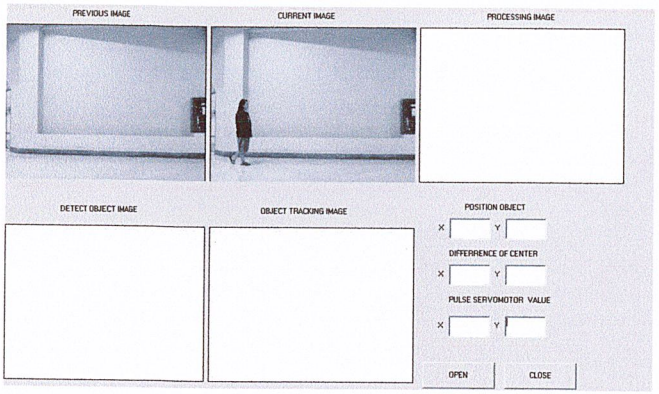
ในการทดลองลองในกรณีนี้จะใช้คนเป็นวัตถุที่สมมติให้มีการเคลื่อนที่ผ่านขอบข่ายการมองเห็นของกล้อง ซึ่งเมื่อลูกบอลเคลื่อนที่ผ่านเข้ามายังขอบข่ายการมองเห็นของกล้องซึ่งถูกติดตั้งอยู่บนตัวเซอร์โวมอเตอร์ กล้องก็จะทำการรับภาพเข้ามาเก็บไว้ยังหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ภาพที่แสดงในเวลาที่ต่างกัน 100 มิลลิวินาที ภาพที่ 1 เก็บเป็นภาพก่อนหน้า (previous image) และภาพที่ 2 เก็บเป็นภาพปัจจุบัน (current image) ซึ่งเป็นภาพระดับสีเทา ดังรูปที่ 6.11 และรูปที่ 6.12 ตามลำดับ



รูปที่ 6.13 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพปัจจุบันในการติดตามคนที่เคลื่อนที่

จากรูปที่ 6.13 เมื่อโปรแกรมเริ่มการทำงานโปรแกรมจะเริ่มการจับภาพ (capture image) จะแสดงให้เห็นถึงภาพที่ 1 ซึ่งแสดงถึงภาพ ณ เวลาปัจจุบัน (current image) และจะทำการแสดงภาพที่ที่ 2 ซึ่งเป็นภาพ ณ เวลาต่อมา เมื่อแสดงภาพที่ 2 แล้วภาพที่ 1 จะเปลี่ยนไปเป็นภาพก่อนหน้า (previous image) ดังรูปที่ 6.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

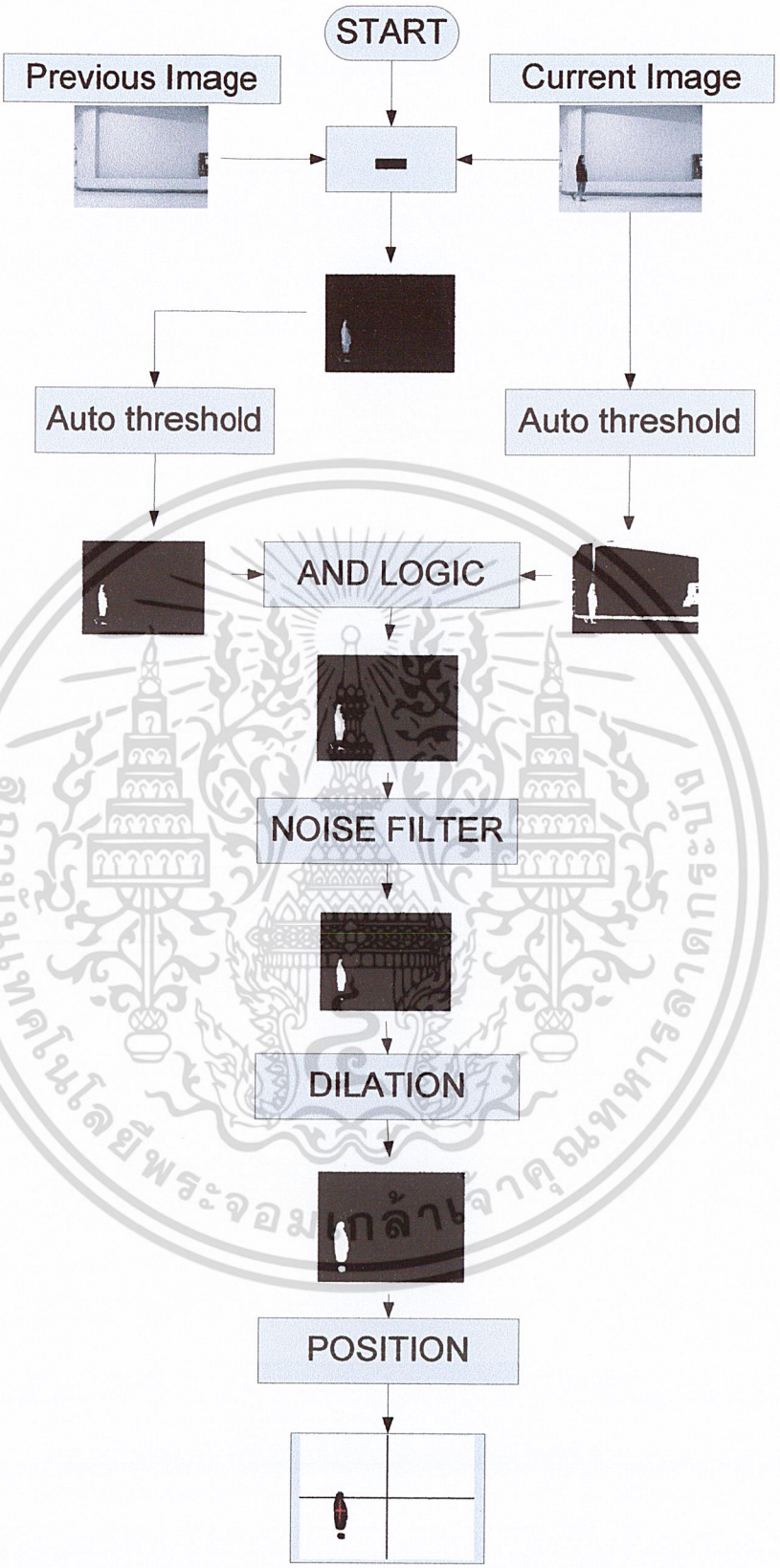


รูปที่ 6.14 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพก่อนหน้าและภาพปัจจุบันของโปรแกรมการติดตามคนที่เคลื่อนที่

จากรูปที่ 6.14 แสดงให้เห็นว่าหน้าต่างของโปรแกรมแสดงภาพที่เป็นภาพปัจจุบันแล้วเปลี่ยนไปเป็นภาพก่อนหน้า และมีภาพปัจจุบันที่เป็นภาพใหม่แสดงให้เห็น จะสังเกตได้ว่า หน้าต่างที่แสดงภาพปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีวัตถุซึ่งเป็นคนเคลื่อนที่เข้ามาในขอบเขตระยะการมองเห็นของกล้อง ในขณะที่โปรแกรมแสดงภาพผ่านหน้าต่างของโปรแกรม Object Tracking อยู่นั้น โปรแกรม Object Tracking ก็จะทำติดต่อกับโปรแกรม Image Cal ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับทำการประมวลผลภาพที่เขียนขึ้นในโปรแกรม MATLAB เพื่อส่งข้อมูลภาพ ทั้ง 2 ภาพให้กับโปรแกรม Image Cal ทำการประมวลผลภาพ และทำการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุ และส่งผลข้อมูลภาพเพื่อมาแสดงผลที่โปรแกรม Object Tracking ต่อไปสามารถแสดงขั้นตอนในการประมวลผลของโปรแกรมได้ดังรูปที่ 6.15

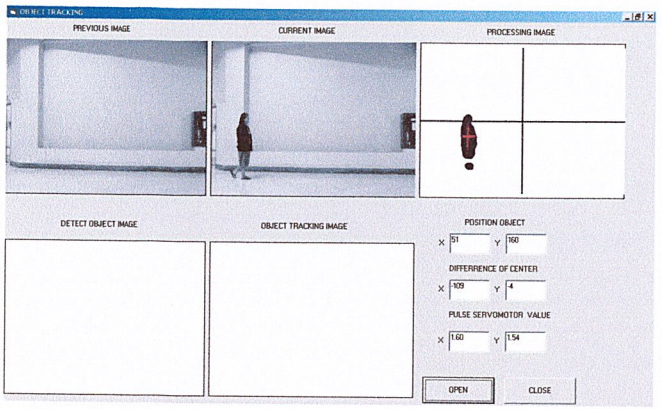
การหาตำแหน่งของวัตถุโดยการหาจุดศูนย์กลางของวัตถุคือคนในภาพสามารถหาได้โดยการคำนวณด้วยโปรแกรม Motion Cal ใน MATLAB มีค่าดังแสดงที่ตารางที่ 6.2 การคำนวณหาค่าศูนย์กลางของวัตถุแสดงวิธีการคำนวณไว้ในบทที่ 5 ในลำดับที่ 1 สามารถอธิบายได้ดังนี้ภาพมีความละเอียด 320x240 พิกเซล ตำแหน่งของวัตถุคือคนอยู่ที่จุดภาพ X = 51 และ Y = 160 ห่างจากจุดศูนย์กลางของภาพเท่ากับ X = -109 และ Y = -40 โดยจุดศูนย์กลางของภาพเท่ากับ X = 160 Y = 120 ดังนั้นเซอร์โวมอเตอร์ต้องเคลื่อนที่ให้ตำแหน่งของคนมาอยู่ที่จุดศูนย์กลางของภาพ โดยที่เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 เคลื่อนที่ในแนวแกน X และเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 เคลื่อนที่ในแนวแกน Y เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 จะเคลื่อนที่หมุนไปทางซ้ายด้วยค่าพัลส์เท่ากับ 1.60 ms และเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 จะเคลื่อนที่หมุนลงด้วยค่าพัลส์เท่ากับ 1.54 ms โดยจะส่งค่าพัลส์นี้ไปให้กับโปรแกรม Object Tracking เพื่อทำการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วส่งให้เซอร์โวมอเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



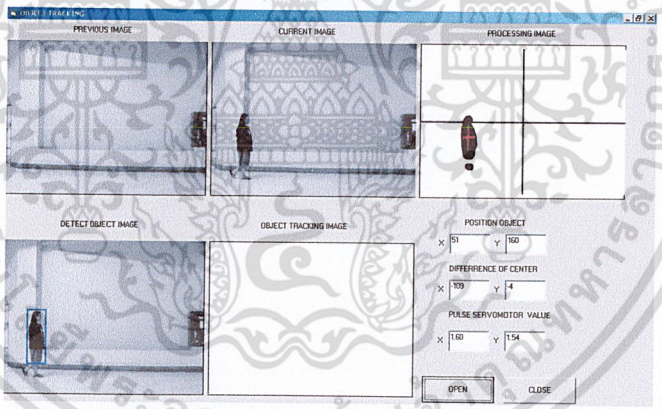
รูปที่ 6.15 แสดงขั้นตอนของการประมวลผลของโปรแกรม Image Cal ในโปรแกรม MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.16 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแสดงภาพตำแหน่งของลูกบอล

จากรูปที่ 6.16 แสดงให้เห็นหน้าต่างของโปรแกรมที่แสดงตำแหน่งของวัตถุในภาพ และข้อมูลจุดศูนย์กลางของภาพ จุดศูนย์กลางของวัตถุ (CG) ในภาพ ระยะห่างของวัตถุจากจุดศูนย์กลางของภาพ และค่าพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์ จากนั้น โปรแกรม Object Tracking จะแสดงให้เห็นการตรวจจับวัตถุในภาพดังรูปที่ 6.17

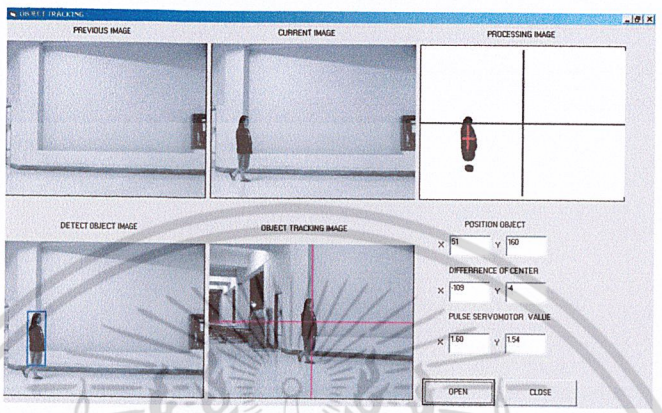


รูปที่ 6.17 แสดงภาพโปรแกรมแสดงการตรวจจับตำแหน่งของลูกบอล

จากรูปที่ 6.17 สามารถอธิบายได้ดังนี้คือเมื่อโปรแกรม Object Tracking ทราบตำแหน่งของลูกบอลและขนาดของคนในภาพที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม Image cal ใน MATLAB ก็จะทำการวาดกรอบสีน้ำเงินรอบวัตถุคือคนเพื่อแสดงให้เห็นตำแหน่งของคนในภาพ หลังจากนั้น โปรแกรม Object Tracking ก็จะทำการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านพอร์ตอนุกรม เพื่อส่งค่าพัลส์ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 2 ตัวให้เคลื่อนที่ตามค่าพัลส์ที่ส่งให้ ซึ่งมีกล้องถูกติดตั้งบนตัวเซอร์โวมอเตอร์ทั้งสอง โดยค่าพัลส์ที่ส่งให้ไปกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะทำการคำนวณได้จากระยะห่างของจุดศูนย์กลางของคน (CG) และ จุดศูนย์กลางของภาพ (center of screen) ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง เพื่อให้เซอร์โว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์เคลื่อนที่ตามทิศทางที่ควบคุมและรักษาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของคน (CG) ให้เข้าใกล้หรืออยู่ตรงจุดศูนย์กลางของภาพเสมอ เมื่อเซอร์โวมอเตอร์ได้รับค่าพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะเคลื่อนที่และรักษาตำแหน่งตามค่าพัลส์ที่ได้รับ โดยที่มีกล้องถูกยึดติดบนตัวเซอร์โวมอเตอร์ และในเวลาเดียวกันโปรแกรม Object Tracking จะแสดงภาพที่เห็นการติดตามคนดังรูปที่ 6.18

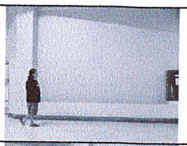
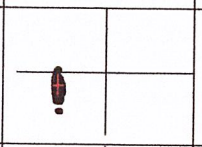
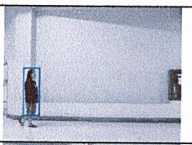
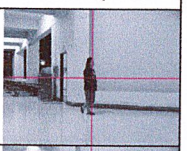
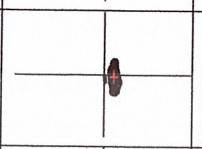
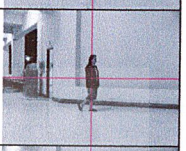
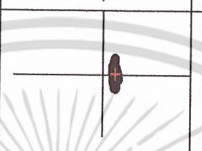
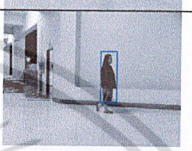
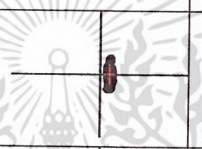
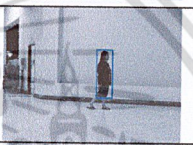
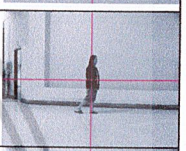
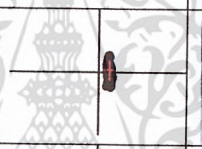
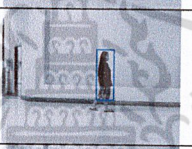
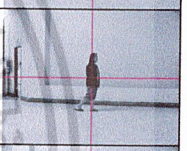
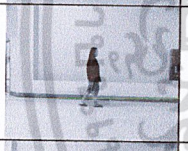
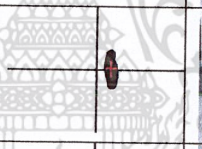
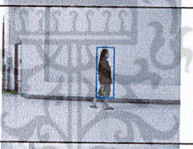
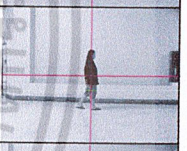
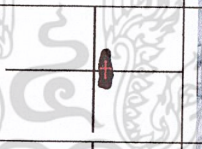
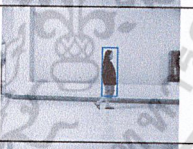
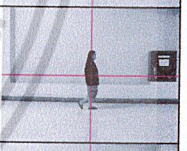
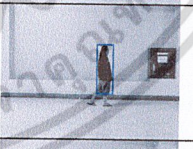
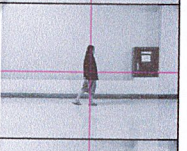
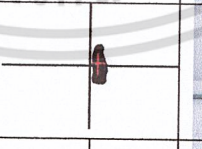
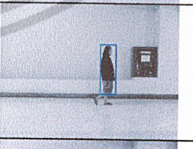
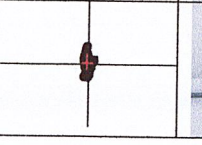
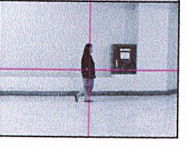


รูปที่ 6.18 แสดงภาพการเคลื่อนที่ของกล้องที่กำลังติดตามลูกบอล

จากรูปที่ 6.18 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ส่งค่าพัลส์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่าพัลส์ กลับมาที่โปรแกรม Object Tracking เพื่อให้โปรแกรม Object Tracking รับรู้ว่า ขณะนี้เซอร์โวมอเตอร์ได้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งตามค่าพัลส์ที่ส่งไปให้แล้ว และโปรแกรม Object Tracking ก็จะสามารถ รับภาพจากหน่วยความจำเข้ามาแสดงผลและทำการส่งข้อมูลภาพให้ โปรแกรม Image Cal ประมวลผลภาพ คำนวณหาจุดศูนย์กลางของวัตถุและส่งค่าให้กับโปรแกรม Object Tracking เพื่อแสดงผล และทำการติดตามวัตถุต่อไป ดังที่แสดงในตารางที่ 6.3 แสดงให้เห็นถึงการติดตามวัตถุเมื่อมีคนเคลื่อนที่เข้ามายังขอบเขตการมองเห็นของกล้องโปรแกรม Object tracking โปรแกรมก็จะทำการติดตามคน จะแสดงเป็นลำดับขั้น เมื่อคนหยุดการเคลื่อนที่โปรแกรม Object tracking ก็จะรักษาตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ให้หยุดการเคลื่อนที่ตามไปด้วย ซึ่งตำแหน่งของคนและระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของภาพกับจุดศูนย์กลางของคน ตลอดจนทิศทางการหมุนและค่าพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 6.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 ตารางแสดงผลการติดตามวัตถุซึ่งวัตถุเป็นที่เป็นคนเคลื่อนที่

ลำดับที่	ภาพก่อนการเปลี่ยนแปลง	ภาพปัจจุบัน	ภาพการประมวลผลภาพ	การบอกตำแหน่ง	ภาพการติดตามวัตถุ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 ตารางแสดงค่าตำแหน่งของคนในภาพ

ลำดับที่	ตำแหน่งของวัตถุ (พิกเซล)		ระยะจากจุดศูนย์กลางภาพ (พิกเซล)		ค่าพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์(ms)	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	51	160	← 109	↓ 40	1.60	1.54
2	181	129	21 →	↓ 4	1.48	1.51
3	191	120	31 →	0	1.47	1.50
4	183	120	23 →	0	1.48	1.50
5	186	120	26 →	0	1.48	150
6	195	120	35 →	0	1.47	1.50
7	187	120	27 →	0	1.48	1.50
8	194	119	34 →	↑ 1	1.47	1.50
9	182	119	22 →	↑ 1	1.48	1.50
10	161	121	1 →	↓ 1	1.50	1.50

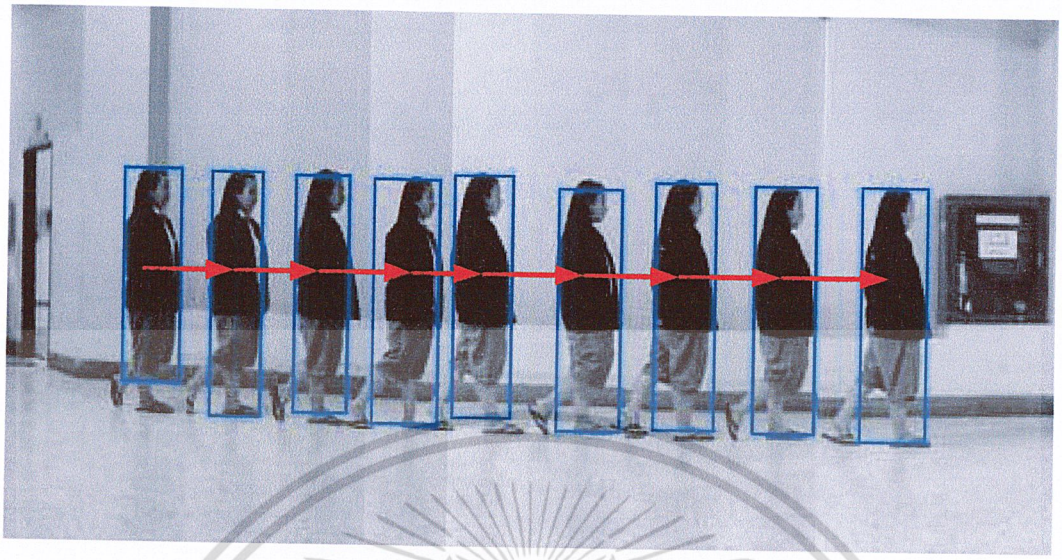
* หมายเหตุ ↑ แสดงถึงทิศทางหมุนขึ้นของเซอร์โวมอเตอร์มอเตอร์

↓ แสดงถึงทิศทางหมุนลงของเซอร์โวมอเตอร์มอเตอร์

← แสดงถึงทิศทางหมุนไปทางซ้ายของเซอร์โวมอเตอร์มอเตอร์

→ แสดงถึงทิศทางหมุนไปทางขวาของเซอร์โวมอเตอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.19 แสดงทิศทางการติดตามคนที่มีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง

จากรูปที่ 6.19 แสดงให้เห็นถึงทิศทางการติดตามคนของโปรแกรม Object Tracking ที่สามารถติดตามคนได้

6.5.4 ผลการทดลองในกรณีที่วัตถุเป็นคนที่เคลื่อนที่

จากการทดทดลองข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นผลการทดลองที่ได้เป็นดังในตารางที่ 6.3 ซึ่งในตารางที่ 6.3 นั้นจะแสดงการเคลื่อนที่ของคนมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง จากลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ 10 ได้แสดงผลตามลำดับดังนี้ ในลำดับที่ 1 นั้นเป็นการเริ่มต้นของระบบการติดตามวัตถุจะเห็นว่าภาพที่รับเข้ามานั้นเป็นภาพในเวลาที่ต่างกัน คือเป็นภาพก่อนมีการเปลี่ยนแปลงของคนและภาพของคนในปัจจุบันหลังจากผ่านกระบวนการประมวลผลภาพแล้วจะทำให้เราเห็นภาพของวัตถุที่โปรแกรมสามารถตรวจจับได้และจะแสดงกรอบของวัตถุให้เห็นและเมื่อผ่านกระบวนการประมวลผลภาพแล้วจะทำให้เราทราบค่าศูนย์กลางของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ ในช่องสุดท้ายนั้นจะเป็นการแสดงภาพการติดตามวัตถุจะเห็นว่าภาพของวัตถุนั้นจะอยู่ตรงกลางของภาพซึ่งเป็นไปตามต้องการ ส่วนในลำดับที่ 2 นั้น จะเห็นว่าภาพที่เป็นภาพปัจจุบันของลำดับที่ 1 จะกลายมาเป็นภาพก่อนการเปลี่ยนแปลงของลำดับที่ 2 ส่วนภาพปัจจุบันในลำดับที่ 2 นั้นก็จะเป็นภาพที่รับเข้ามาใหม่เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ต่อไปภาพในลำดับที่ 2 นี้ก็จะผ่านกระบวนการเช่นเดียวกับลำดับที่ 1 เป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อยจนกว่าคนนั้นจะเคลื่อนที่ออกจากขอบข่ายการมองเห็นของกล้องก็จะเป็นอันจบกระบวนการติดตามวัตถุจนกว่าจะมีวัตถุผ่านเข้ามาจึงจะเริ่มกระบวนการใหม่ จากตารางที่ 6.3 นั้นจะเห็นว่าเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง ภาพการติดตามวัตถุที่ได้นั้นก็จะอยู่ตรงกลางของเภาพเสมอนั่นเป็นการแสดงให้เห็นว่าระบบการติดตามวัตถุนี้สามารถทำการติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ได้จริง ซึ่งตำแหน่งของคนและระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของภาพกับจุดศูนย์กลางของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คน ตลอดจนทิศทางการหมุนและค่าพัลส์ของเซอร์โวมอเตอร์ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 6.4 ส่วนในรูปที่ 6.19 นั้นเป็นการแสดงการตรวจจับวัตถุที่เป็นคนเมื่อมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองโครงงานการติดตามวัตถุที่ผ่านมานั้นพบว่าเมื่อทำการทดลองอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับระบบโดยการแยกการทดลองออกเป็นส่วนๆนั้น สามารถทำงานได้ดีและสัมพันธ์กัน ส่วนในเรื่องของการทดลองการทำงานของโปรแกรมนั้น จากการทดลองไม่ว่าจะเป็นวัตถุเล็กหรือวัตถุที่เป็นคนที่เคลื่อนที่ผ่านขอบข่ายการมองเห็นของกล้องนั้นโปรแกรมจะทำการประมวลผลโดยที่จะสนใจการเคลื่อนที่ของวัตถุเท่านั้น โดยไม่สนใจว่าพื้นหลังของภาพเป็นอย่างไรเพราะโปรแกรมจะกำจัดออกไม่สนใจวัตถุที่อยู่ในพื้นหลังว่าเป็นอย่างไร หรือมีสีอะไรโปรแกรมจะแปลงให้เป็นฉากหลังสีดำทั้งหมดและสนใจเฉพาะวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งที่เป็นเช่นเพราะภาพที่รับเข้ามานั้นมีการเปลี่ยนแปลงของวัตถุ แต่บริเวณฉากหลังนั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากจึงทำให้เมื่อนำมาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพแล้วฉากหลังนั้นก็จะหายไป และการกำจัดสัญญาณรบกวนนั้นจะใช้หลักการตัวกรองสัญญาณแบบมัธยฐาน (Median filter) เป็นตัวกำจัดสัญญาณรบกวนต่างๆออกไป และมีการขยายภาพที่ได้โดยหลักการไดเลชั่น ทำให้เราสามารถทราบขอบเขตของวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งหรือมีการเคลื่อนที่ได้ชัดเจนขึ้น และเรายังทราบค่าศูนย์กลางของวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงด้วยซึ่งนั่นจะทำให้สามารถควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ให้สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุต่อไปได้

7.2 ปัญหาและอุปสรรคจากการทำวิจัย

จากการทำวิจัยในหัวข้อเรื่องการติดตามวัตถุนั้นยังมีปัญหาและอุปสรรคอยู่เช่น ปัญหาของกล้องที่นำมาใช้ในโครงงาน นั้นทางผู้นำเนินโครงงานไม่สามารถทราบได้ว่ามีความยาวโฟกัสในการจับภาพเท่าใดทำให้ผลการทดลองที่ได้นั้นยังไม่ดีพอแต่ถ้าหากจะให้ทำการหาความยาวโฟกัสนั้นก็สามารถทำได้แต่ก็เป็นเรื่องที่ยุ่งยากพอสมควรเพราะผู้ดำเนินโครงงานไม่มีความรู้เรื่องของกล้องจะต้องทำการศึกษาใหม่ซึ่งต้องใช้เวลาพอสมควร แต่ถ้าจะให้ระบบการติดตามวัตถุนี้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นก็ต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องต่อไป

7.3 ข้อเสนอแนะ

ในการทำโครงงานการติดตามวัตถุนั้นยังมีการเกิดการผิดพลาดอยู่ทำให้โครงงานยังไม่มีประสิทธิภาพดีเท่าที่ควร ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้นควรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งทางด้านโปรแกรมและส่วนประกอบอื่นๆด้วยเพราะเพียงแค่การดำเนินงานในครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นยังไม่สามารถบอกได้ว่าสิ่งที่ออกมานั้นเป็นสิ่งที่ดีเสมอไปแต่เป็นเพียงแค่การเริ่มต้นที่จะพัฒนาเท่านั้นซึ่งการทำงานทุกอย่างต้องอาศัยการพัฒนาต่อไปเรื่อยๆ ดังนั้นทางคณะผู้ดำเนินโครงงานและทำการวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าระบบการติดตามวัตถุนี้จะได้รับการพัฒนาให้ดีขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] วิโรจน์ ทวีปวรเดช , **กระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้น** . :ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2] วัชรินทร์ เดารพ , **คู่มือการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์**. กรุงเทพฯ : อีทีที , 2546

[3] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร , **คู่มือการเขียนโปรแกรมและการใช้งาน Visual Basic 6.0 ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ : อินโฟเพรส , พิมพ์ครั้งที่ 2 , 2544

[4] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร , **คู่มือการสร้างแอพลิเคชั่นด้วย Visual Basic 6.0**. กรุงเทพฯ : อินโฟเพรส , พิมพ์ครั้งที่ 1 , 2545

[5] กฤษฎา ใจเย็น , **เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม.** กรุงเทพฯ : Innovative experiment , 2535

[6] **"เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์"** ,เล่ม 115 , 165 , กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

[7] อภิชาต ภู่พลับ , **เริ่มต้นเขียนโปรแกรมการติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic.** นนทบุรี :อินโฟเพรส , 2546

[8] Gonzalez , R.C. and Woods , R.E. , **Digital Image Processing** , Addison-Wesley Publishing , Reading , MA , 1992

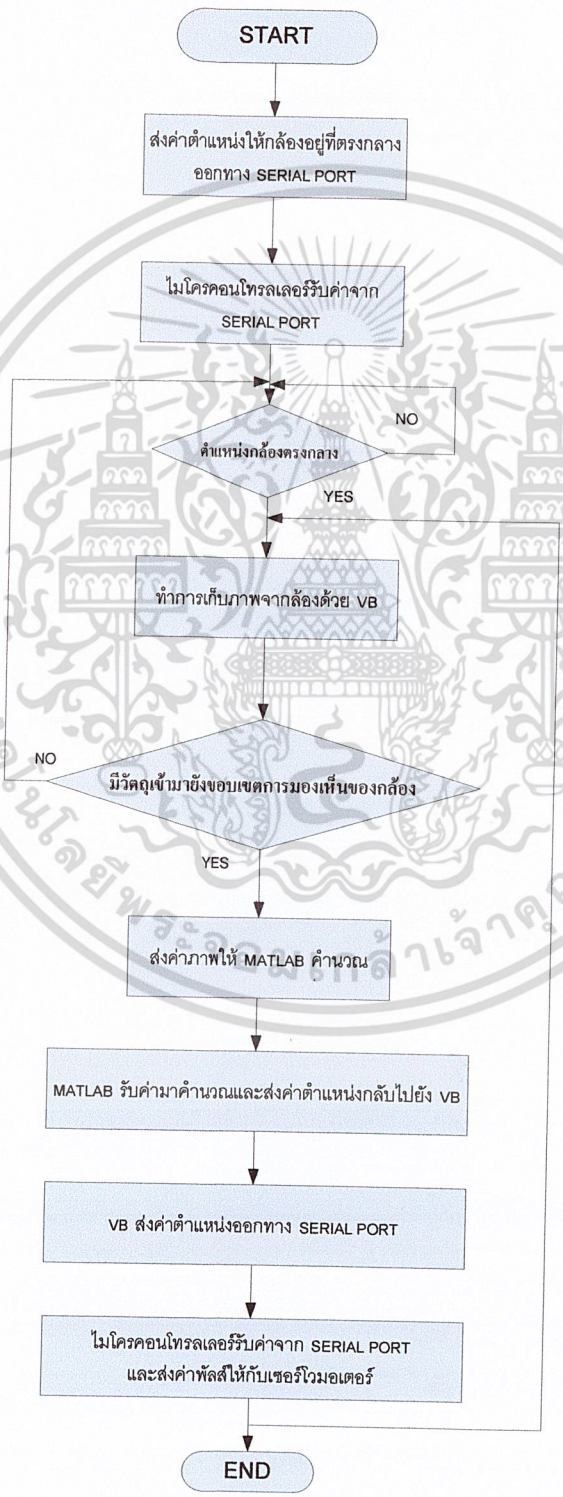
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

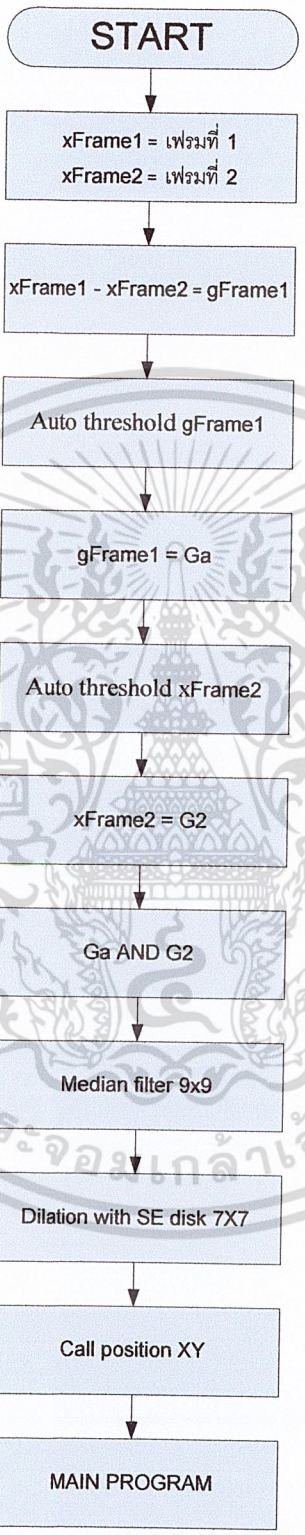
ภาคผนวก ก.
โฟลว์ชาร์ตและโปรแกรมควบคุม

1. ส่วนของโปรแกรม Object Tracking (Visual Basic)



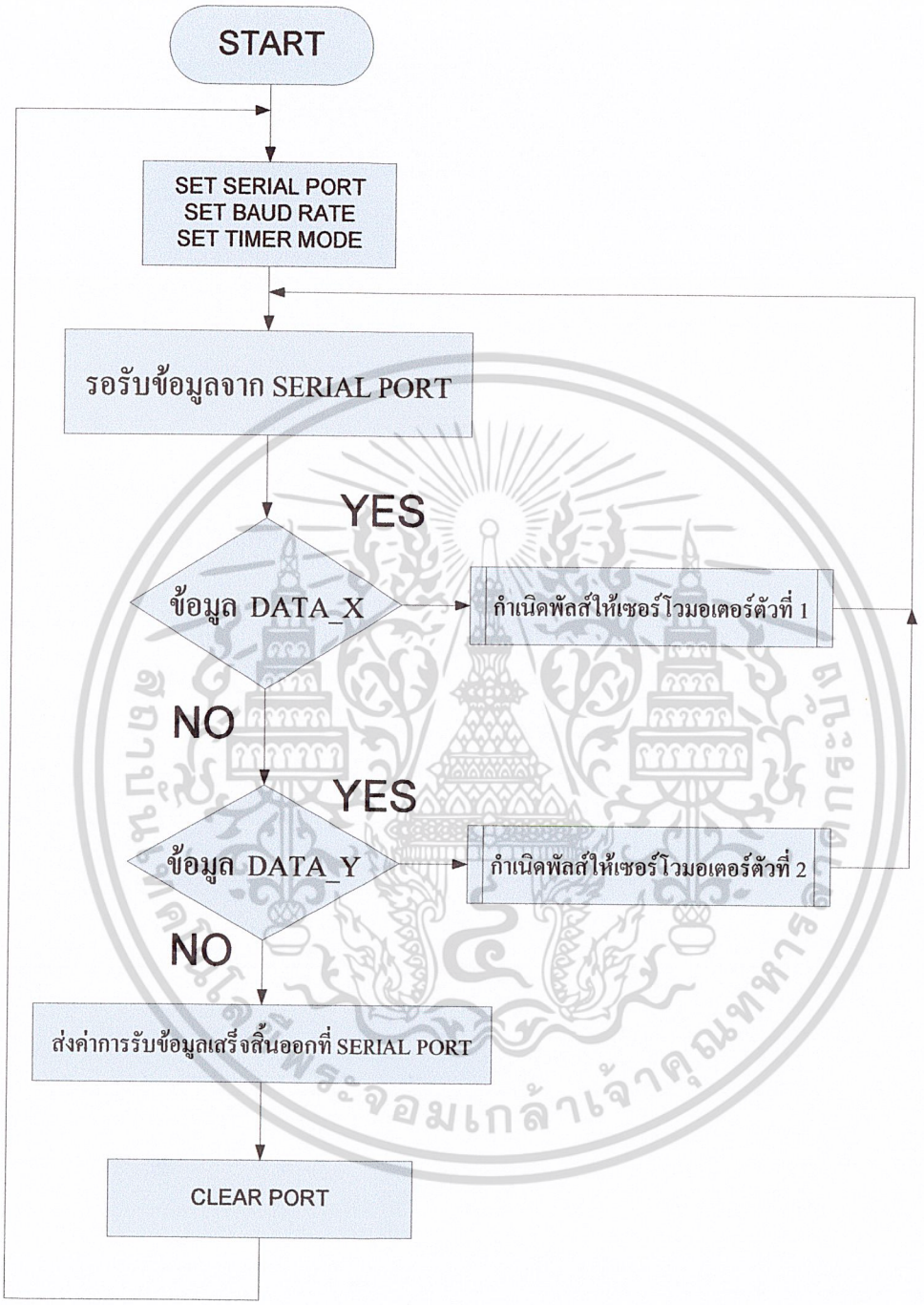
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนของโปรแกรม Image Cal (MATLAB)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โปรแกรมการทำงานในส่วนของโปรแกรม Object Tracking (Visual Basic)

```
;**********************MAIN*******************************
Dim DataX As Double
Dim DataY As Double
Dim SerX As Double
Dim SerY As Double
Dim X0 As Double
Dim Y0 As Double
Dim X1 As Double
Dim Y1 As Double
Dim x As Double
Dim rgbsource As RGBthingy
Dim rgbdest As RGBpoint
Dim valuepixel As Integer
;**********************CAPTURE IMAGE**********************
Private Sub Command1_Click()
    Video.Init
   GVImage = Video.GetGrayImageHandle
   Video.SetPreview (True)
   Video.Start
   Timer1.Interval = 200
   Timer1.Enabled = True
End Sub
;********************OPEN SERIAL PORT*********************
Private Sub Form_Load()
  MSComm1.CommPort = 1
   MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
   MSComm1.PortOpen = True
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************INTERFACE PROGRAM MATLAB**************
Private Sub CalXY()
Dim XReal(239, 319) As Double
Dim XImag(239, 319) As Double
Dim i, j As Integer
Dim x As Integer
 Dim Y As Integer
 Dim p As Long
 Dim Vpixel As Integer
      GVImage = Video.GetGrayImageHandle
     Video.Capture (GVImage)
     Picture1.Picture = Video.ToPicture(GVImage)
      pix1 = Video.GetMatrix(GVImage)
i = 0
j = 0
For i = 0 To 239 Step 1
  For j = 0 To 319 Step 1
  H = pix1(j, i)
  XReal(i, j) = H
  XImag(i, j) = 0
  Next j
Next i
Video.Capture (GVImage)
 Picture2.Picture = Video.ToPicture(GVImage)
pix2 = Video.GetMatrix(GVImage)
i = 0
j = 0
For i = 0 To 239 Step 1
  For j = 0 To 319 Step 1
  H = pix2(j, i)
  XReal(i, j) = H
  XImag(i, j) = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Next j
  Next i
    Picture3.Picture = Video.ToPicture(GVImage)
    If (x > 2000) Then
      Picture3.Line (X0, Y0)-(X1, Y0)
      Picture3.Line (X0, Y0)-(X0, Y1)
      Picture3.Line (X1, Y1)-(X1, Y0)
      Picture3.Line (X1, Y1)-(X0, Y1)
    End If
    Label2.Caption = X1 & "," & Y1
    Label1.Caption = SerX & "," & SerY
End Sub
;***************SEND DATA TO MICROCONTROLLER ***********
Private Sub Timer1_Timer()
   CalXY
   MSComm1.Output = "@" & Chr$(SerX) & Chr$(SerY) & "*"
End Sub
;************************END*********************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โปรแกรมการทำงานในส่วนของโปรแกรม Image Cal (MATLAB)

```
;*****************IMAGE PROCESSING************************
diff_im = imabsdiff(xFrame1,xFrame2)          ; FRAME1-FRAME2
gFrame1= diff_im;
gFrame2= xFrame2;
thresholdGa = graythresh(gFrame1)             ; AUTO THRESHOLD
Ga=im2bw(gFrame1,thresholdGa)                 ; COVERT TO BINARY IMAGE
thresholdxFrame2 = graythresh(gFrame2 )       ; AUTO THRESHOLD
G2=im2bw(gFrame2,thresholdxFrame2)            ; COVERT TO BINARY IMAGE
G2=~G2;
image_AND= and (Ga,G2)                        ;AND OPERATOR IMAGE
med = medfilt2(image_AND,[9 9])               ;MEDIAN FILTER
SE = strel('disk',7)                          ; STRUCTURING ELEMENT
BW4 = imdilate(med,SE)                        ;DILATION IMAGE
;****************CALCULATION OBJECT TRACKING*************
DataX=0;
DataY=0;
move=1;K=0;
for m = 1:240
  for n = 1:320
    if (BW4(m,n)==1)
      DataX=DataX+n;
      DataY=DataY+m;
      move=move+1;
    end
  end
end
Ref=0;
X0=0;Y0=0;
X1=0;Y1=0;
for m = 1:240
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for n = 1:320
      if (BW4(m,n)==1)
       if (Ref==0)
          X0=n;X1=n;
          Y0=m;Y1=m;
          Ref=1;
       end
       if(n<X0)
          X0=n;
       elseif(n>X1)
          X1=n;
       end
       if(m>Y1)
          Y1=m;
       end
      end
    end
end
X0=X0;
Y0=Y0;
X1=X1;
Y1=Y1;
move;
DataX=DataX/move;
DataY=DataY/move;
SerX = SerX + ((160 - DataX) / 11);
SerY = SerY- ((120 - DataY) / 9);
;*************************END*************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. โปรแกรมการทำงานส่วนของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

```
;*****************MICRO CONTROLLER**********************
include "modedefs.bas"
        trisa 0.3 = 1
        trisb 0.1 = 0
        trisb 0.2 = 0
        pp var byte
        code var byte
        code1 var byte

loop: serin2 porta.3,84,[WAit(*),code,code1,@]
       if pp=@ then
        pulsout portb.1,code
        pause 10
        pulsout portb.2,code1
        pause 10
        serout2 porta.0,84,["DATA_X = ",#code,13,10," DATA_Y = ",#code1,13,10]
       End If
          goto loop
  End
;***************************END***************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ข้อมูลไอซี ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F84A Data Sheet

18-pin Enhanced FLASH/EEPROM 8-bit Microcontroller

© 2001 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note the following details of the code protection feature on PICmicro® MCUs.

- The PICmicro family meets the specifications contained in the Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of PICmicro microcontrollers is one of the most secure products of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the PICmicro microcontroller in a manner outside the operating specifications contained in the data sheet. The person doing so may be engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable".
- Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our product.

If you have any further questions about this matter, please contact the local sales office nearest to you.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, PIC, PICmicro, PICMASTER, PICSTART, PRO MATE, KEELOQ, SEEVAL, MPLAB and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Total Endurance, ICSP, In-Circuit Serial Programming, FilterLab, MXDEV, microID, *Flex*ROM, *fuzzy*LAB, MPASM, MPLINK, MPLIB, PICC, PICDEM, PICDEM.net, ICEPIC, Migratable Memory, FanSense, ECONOMONITOR, Select Mode and microPort are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Serialized Quick Term Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2001, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

Printed on recycled paper.

DNV Certification, Inc. USA — ANSI-RAB QMS ACCREDITED — DNV — DNV MSC The Netherlands Accredited by the RvA — ISO 9001 / QS-9000 REGISTERED FIRM

Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1999. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELOQ® code hopping devices, Serial EEPROMs and microperipheral products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.

© 2001 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCHIP

PIC16F84A

18-pin *Enhanced* FLASH/EEPROM 8-Bit Microcontroller

High Performance RISC CPU Features:

- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single-cycle except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
  DC - 200 ns instruction cycle
- 1024 words of program memory
- 68 bytes of Data RAM
- 64 bytes of Data EEPROM
- 14-bit wide instruction words
- 8-bit wide data bytes
- 15 Special Function Hardware registers
- Eight-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
  - External RB0/INT pin
  - TMR0 timer overflow
  - PORTB<7:4> interrupt-on-change
  - Data EEPROM write complete

Peripheral Features:

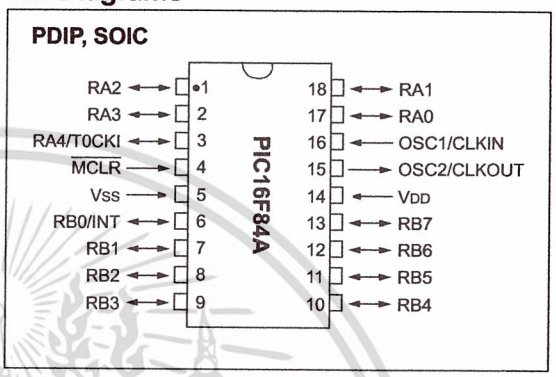
- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
  - 25 mA sink max. per pin
  - 25 mA source max. per pin
- TMR0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler

Special Microcontroller Features:

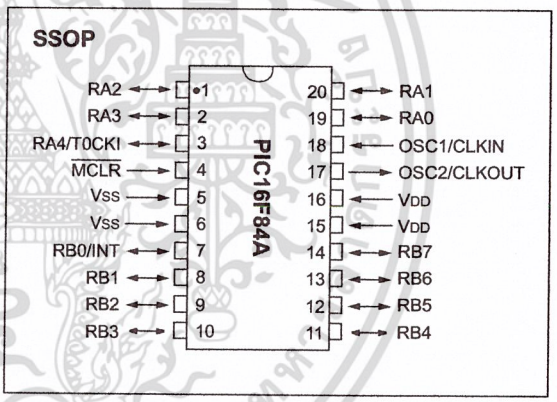
- 10,000 erase/write cycles *Enhanced* FLASH Program memory typical
- 10,000,000 typical erase/write cycles EEPROM Data memory typical
- EEPROM Data Retention > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) - via two pins
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options

Pin Diagrams

PDIP, SOIC



SSOP



CMOS Enhanced FLASH/EEPROM Technology:

- Low power, high speed technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range:
  - Commercial: 2.0V to 5.5V
  - Industrial: 2.0V to 5.5V
- Low power consumption:
  - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 15 µA typical @ 2V, 32 kHz
  - < 0.5 µA typical standby current @ 2V

© 2001 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F84A

Table of Contents

1.0 Device Overview 3
2.0 Memory Organization 5
3.0 Data EEPROM Memory 13
4.0 I/O Ports 15
5.0 Timer0 Module 19
6.0 Special Features of the CPU 21
7.0 Instruction Set Summary 35
8.0 Development Support 43
9.0 Electrical Characteristics 49
10.0 DC/AC Characteristic Graphs 61
11.0 Packaging Information 71
Appendix A: Revision History 75
Appendix B: Conversion Considerations 76
Appendix C: Migration from Baseline to Mid-Range Devices 78
Index 79
On-Line Support 83
Reader Response 84
PIC16F84A Product Identification System 85

TO OUR VALUED CUSTOMERS

It is our intention to provide our valued customers with the best documentation possible to ensure successful use of your Microchip products. To this end, we will continue to improve our publications to better suit your needs. Our publications will be refined and enhanced as new volumes and updates are introduced.

If you have any questions or comments regarding this publication, please contact the Marketing Communications Department via E-mail at **docerrors@mail.microchip.com** or fax the **Reader Response Form** in the back of this data sheet to (480) 792-4150. We welcome your feedback.

Most Current Data Sheet

To obtain the most up-to-date version of this data sheet, please register at our Worldwide Web site at:

http://www.microchip.com

You can determine the version of a data sheet by examining its literature number found on the bottom outside corner of any page. The last character of the literature number is the version number, (e.g., DS30000A is version A of document DS30000).

Errata

An errata sheet, describing minor operational differences from the data sheet and recommended workarounds, may exist for current devices. As device/documentation issues become known to us, we will publish an errata sheet. The errata will specify the revision of silicon and revision of document to which it applies.

To determine if an errata sheet exists for a particular device, please check with one of the following:

- Microchip's Worldwide Web site; http://www.microchip.com
- Your local Microchip sales office (see last page)
- The Microchip Corporate Literature Center; U.S. FAX: (480) 792-7277

When contacting a sales office or the literature center, please specify which device, revision of silicon and data sheet (include literature number) you are using.

Customer Notification System

Register on our web site at **www.microchip.com/cn** to receive the most current information on all of our products.

© 2001 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the operation of the PIC16F84A device. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023), which may be downloaded from the Microchip website. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet, and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

The PIC16F84A belongs to the mid-range family of the PICmicro® microcontroller devices. A block diagram of the device is shown in Figure 1-1.

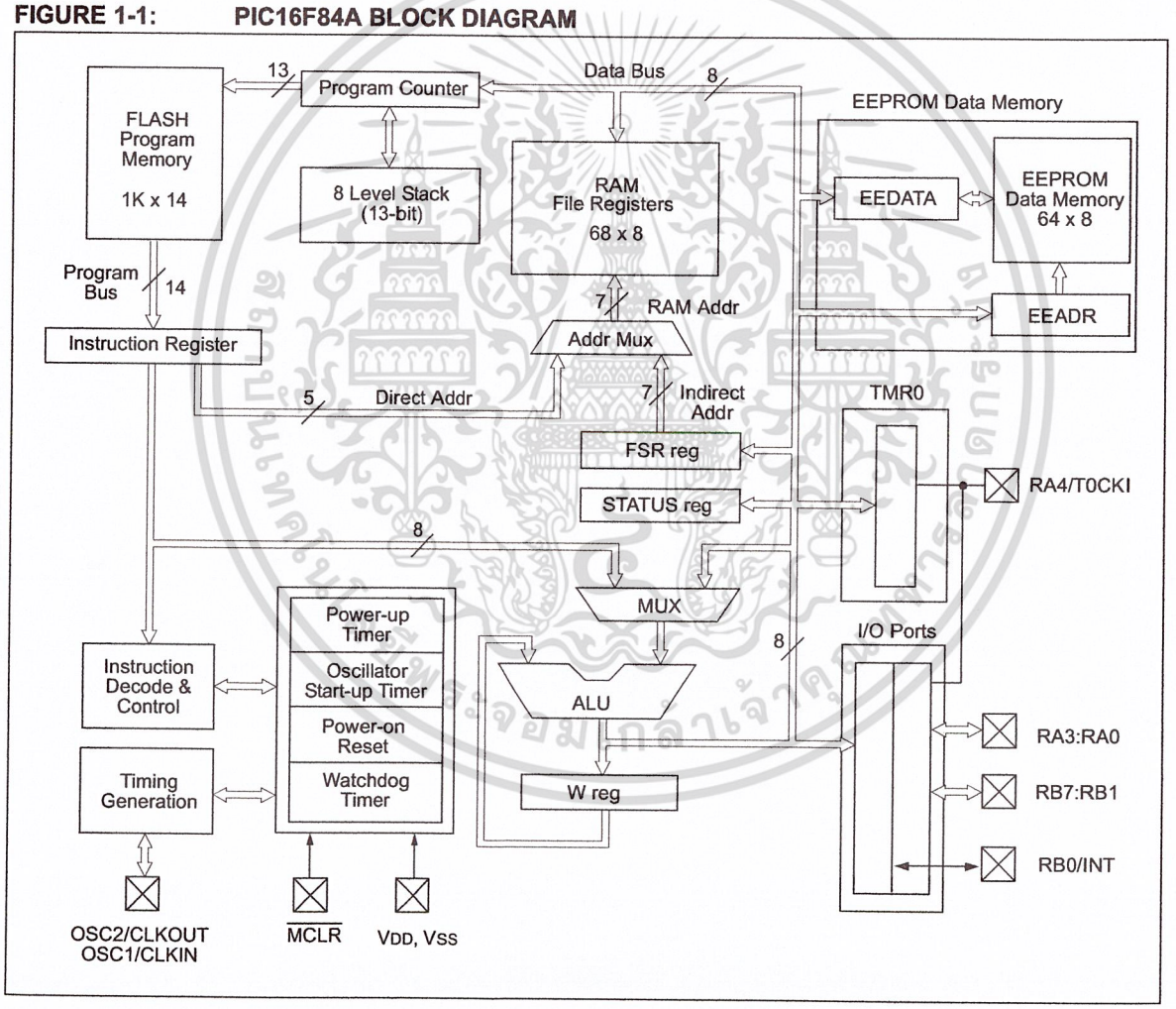
The program memory contains 1K words, which translates to 1024 instructions, since each 14-bit program memory word is the same width as each device instruction. The data memory (RAM) contains 68 bytes. Data EEPROM is 64 bytes.

There are also 13 I/O pins that are user-configured on a pin-to-pin basis. Some pins are multiplexed with other device functions. These functions include:

- External interrupt
- Change on PORTB interrupt
- Timer0 clock input

Table 1-1 details the pinout of the device with descriptions and details for each pin.

FIGURE 1-1: PIC16F84A BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F84A

TABLE 1-1: PIC16F84A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP No.	SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	16	16	18	I	ST/CMOS(3)	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	15	15	19	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{MCLR}$	4	4	4	I/P	ST	Master Clear (Reset) input/programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
						PORTA is a bi-directional I/O port.
RA0	17	17	19	I/O	TTL	
RA1	18	18	20	I/O	TTL	
RA2	1	1	1	I/O	TTL	
RA3	2	2	2	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	3	3	3	I/O	ST	Can also be selected to be the clock input to the TMR0 timer/counter. Output is open drain type.
						PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	6	6	7	I/O	TTL/ST(1)	RB0/INT can also be selected as an external interrupt pin.
RB1	7	7	8	I/O	TTL	
RB2	8	8	9	I/O	TTL	
RB3	9	9	10	I/O	TTL	
RB4	10	10	11	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB5	11	11	12	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB6	12	12	13	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin. Serial programming clock.
RB7	13	13	14	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin. Serial programming data.
VSS	5	5	5,6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	14	14	15,16	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I= input O = Output I/O = Input/Output P = Power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

© 2001 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.0 MEMORY ORGANIZATION

There are two memory blocks in the PIC16F84A. These are the program memory and the data memory. Each block has its own bus, so that access to each block can occur during the same oscillator cycle.

The data memory can further be broken down into the general purpose RAM and the Special Function Registers (SFRs). The operation of the SFRs that control the "core" are described here. The SFRs used to control the peripheral modules are described in the section discussing each individual peripheral module.

The data memory area also contains the data EEPROM memory. This memory is not directly mapped into the data memory, but is indirectly mapped. That is, an indirect address pointer specifies the address of the data EEPROM memory to read/write. The 64 bytes of data EEPROM memory have the address range 0h-3Fh. More details on the EEPROM memory can be found in Section 3.0.

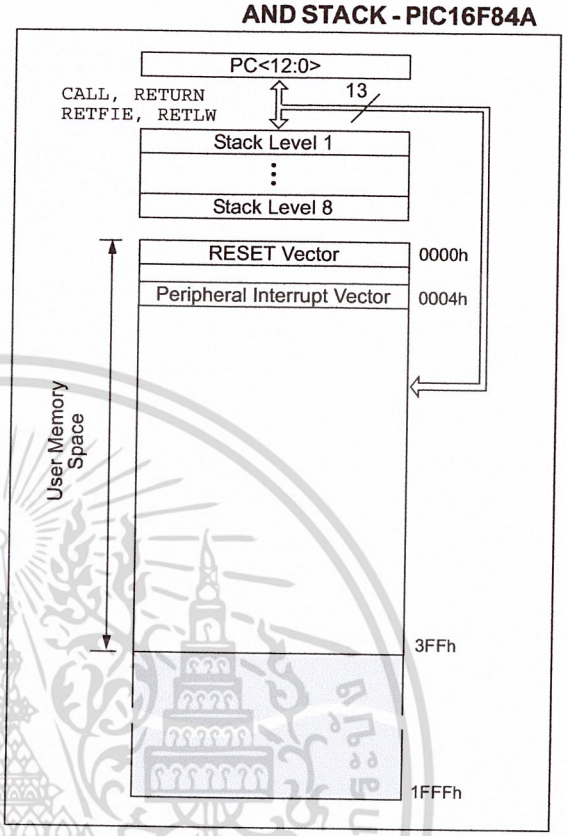
Additional information on device memory may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

2.1 Program Memory Organization

The PIC16FXX has a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. For the PIC16F84A, the first 1K x 14 (0000h-03FFh) are physically implemented (Figure 2-1). Accessing a location above the physically implemented address will cause a wraparound. For example, for locations 20h, 420h, 820h, C20h, 1020h, 1420h, 1820h, and 1C20h, the instruction will be the same.

The RESET vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h.

FIGURE 2-1: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK - PIC16F84A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Data Memory Organization

The data memory is partitioned into two areas. The first is the Special Function Registers (SFR) area, while the second is the General Purpose Registers (GPR) area. The SFRs control the operation of the device.

Portions of data memory are banked. This is for both the SFR area and the GPR area. The GPR area is banked to allow greater than 116 bytes of general purpose RAM. The banked areas of the SFR are for the registers that control the peripheral functions. Banking requires the use of control bits for bank selection. These control bits are located in the STATUS Register. Figure 2-2 shows the data memory map organization.

Instructions `MOVWF` and `MOVF` can move values from the W register to any location in the register file ("F"), and vice-versa.

The entire data memory can be accessed either directly using the absolute address of each register file or indirectly through the File Select Register (FSR) (Section 2.5). Indirect addressing uses the present value of the RP0 bit for access into the banked areas of data memory.

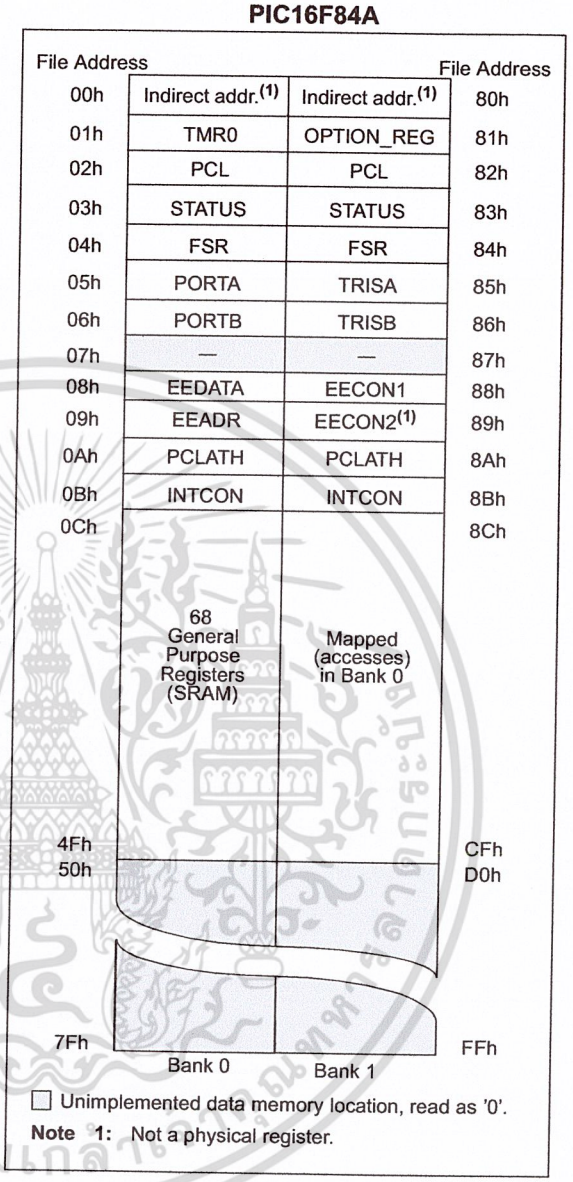
Data memory is partitioned into two banks which contain the general purpose registers and the special function registers. Bank 0 is selected by clearing the RP0 bit (STATUS<5>). Setting the RP0 bit selects Bank 1. Each Bank extends up to 7Fh (128 bytes). The first twelve locations of each Bank are reserved for the Special Function Registers. The remainder are General Purpose Registers, implemented as static RAM.

2.2.1 GENERAL PURPOSE REGISTER FILE

Each General Purpose Register (GPR) is 8-bits wide and is accessed either directly or indirectly through the FSR (Section 2.5).

The GPR addresses in Bank 1 are mapped to addresses in Bank 0. As an example, addressing location 0Ch or 8Ch will access the same GPR.

FIGURE 2-2: REGISTER FILE MAP - PIC16F84A



© 2001 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Special Function Registers

The Special Function Registers (Figure 2-2 and Table 2-1) are used by the CPU and Peripheral functions to control the device operation. These registers are static RAM.

The special function registers can be classified into two sets, core and peripheral. Those associated with the core functions are described in this section. Those related to the operation of the peripheral features are described in the section for that specific feature.

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER FILE SUMMARY

Addr	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on Power-on RESET	Details on page
Bank 0											
00h	INDF	Uses contents of FSR to address Data Memory (not a physical register)								---- ----	11
01h	TMR0	8-bit Real-Time Clock/Counter								xxxx xxxx	20
02h	PCL	Low Order 8 bits of the Program Counter (PC)								0000 0000	11
03h	STATUS(2)	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	8
04h	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer 0								xxxx xxxx	11
05h	PORTA(4)	—	—	—	RA4/T0CKI	RA3	RA2	RA1	RA0	---x xxxx	16
06h	PORTB(5)	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0/INT	xxxx xxxx	18
07h	—	Unimplemented location, read as '0'								—	—
08h	EEDATA	EEPROM Data Register								xxxx xxxx	13,14
09h	EEADR	EEPROM Address Register								xxxx xxxx	13,14
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for upper 5 bits of the PC(1)					---0 0000	11
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	10
Bank 1											
80h	INDF	Uses Contents of FSR to address Data Memory (not a physical register)								---- ----	11
81h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	9
82h	PCL	Low order 8 bits of Program Counter (PC)								0000 0000	11
83h	STATUS (2)	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	8
84h	FSR	Indirect data memory address pointer 0								xxxx xxxx	11
85h	TRISA	—	—	—	PORTA Data Direction Register					---1 1111	16
86h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	18
87h	—	Unimplemented location, read as '0'								—	—
88h	EECON1	—	—	—	EEIF	WRERR	WREN	WR	RD	---0 x000	13
89h	EECON2	EEPROM Control Register 2 (not a physical register)								---- ----	14
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write buffer for upper 5 bits of the PC(1)					---0 0000	11
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	10

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0', q = value depends on condition

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a slave register for PC<12:8>. The contents of PCLATH can be transferred to the upper byte of the program counter, but the contents of PC<12:8> are never transferred to PCLATH.

2: The $\overline{TO}$ and $\overline{PD}$ status bits in the STATUS register are not affected by a $\overline{MCLR}$ Reset.

3: Other (non power-up) RESETS include: external RESET through $\overline{MCLR}$ and the Watchdog Timer Reset.

4: On any device RESET, these pins are configured as inputs.

5: This is the value that will be in the port output latch.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 STATUS REGISTER

The STATUS register contains the arithmetic status of the ALU, the RESET status and the bank select bit for data memory.

As with any register, the STATUS register can be the destination for any instruction. If the STATUS register is the destination for an instruction that affects the Z, DC or C bits, then the write to these three bits is disabled. These bits are set or cleared according to device logic. Furthermore, the $\overline{TO}$ and $\overline{PD}$ bits are not writable. Therefore, the result of an instruction with the STATUS register as destination may be different than intended.

For example, `CLRF STATUS` will clear the upper three bits and set the Z bit. This leaves the STATUS register as `000u u1uu` (where `u` = unchanged).

Only the `BCF`, `BSF`, `SWAPF` and `MOVWF` instructions should be used to alter the STATUS register (Table 7-2), because these instructions do not affect any status bit.

Note 1: The IRP and RP1 bits (STATUS<7:6>) are not used by the PIC16F84A and should be programmed as cleared. Use of these bits as general purpose R/W bits is NOT recommended, since this may affect upward compatibility with future products.

2: The C and DC bits operate as a $\overline{borrow}$ and digit $\overline{borrow}$ out bit, respectively, in subtraction. See the `SUBLW` and `SUBWF` instructions for examples.

3: When the STATUS register is the destination for an instruction that affects the Z, DC or C bits, then the write to these three bits is disabled. The specified bit(s) will be updated according to device logic

REGISTER 2-1: STATUS REGISTER (ADDRESS 03h, 83h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C
bit 7							bit 0

bit 7-6 **Unimplemented:** Maintain as '0'

bit 5 **RP0**: Register Bank Select bits (used for direct addressing)
01 = Bank 1 (80h - FFh)
00 = Bank 0 (00h - 7Fh)

bit 4 **$\overline{TO}$**: Time-out bit
1 = After power-up, `CLRWDT` instruction, or `SLEEP` instruction
0 = A WDT time-out occurred

bit 3 **$\overline{PD}$**: Power-down bit
1 = After power-up or by the `CLRWDT` instruction
0 = By execution of the `SLEEP` instruction

bit 2 **Z**: Zero bit
1 = The result of an arithmetic or logic operation is zero
0 = The result of an arithmetic or logic operation is not zero

bit 1 **DC**: Digit carry/$\overline{borrow}$ bit (`ADDWF`, `ADDLW`, `SUBLW`, `SUBWF` instructions) (for $\overline{borrow}$, the polarity is reversed)
1 = A carry-out from the 4th low order bit of the result occurred
0 = No carry-out from the 4th low order bit of the result

bit 0 **C**: Carry/$\overline{borrow}$ bit (`ADDWF`, `ADDLW`, `SUBLW`, `SUBWF` instructions) (for $\overline{borrow}$, the polarity is reversed)
1 = A carry-out from the Most Significant bit of the result occurred
0 = No carry-out from the Most Significant bit of the result occurred

Note: A subtraction is executed by adding the two's complement of the second operand. For rotate (`RRF`, `RLF`) instructions, this bit is loaded with either the high or low order bit of the source register.

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

© 2001 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 OPTION REGISTER

The OPTION register is a readable and writable register which contains various control bits to configure the TMR0/WDT prescaler, the external INT interrupt, TMR0, and the weak pull-ups on PORTB.

Note:	When the prescaler is assigned to the WDT (PSA = '1'), TMR0 has a 1:1 prescaler assignment.

REGISTER 2-2: OPTION REGISTER (ADDRESS 81h)

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
bit 7							bit 0

bit 7 **$\overline{\text{RBPU}}$:** PORTB Pull-up Enable bit
1 = PORTB pull-ups are disabled
0 = PORTB pull-ups are enabled by individual port latch values

bit 6 **INTEDG**: Interrupt Edge Select bit
1 = Interrupt on rising edge of RB0/INT pin
0 = Interrupt on falling edge of RB0/INT pin

bit 5 **T0CS**: TMR0 Clock Source Select bit
1 = Transition on RA4/T0CKI pin
0 = Internal instruction cycle clock (CLKOUT)

bit 4 **T0SE**: TMR0 Source Edge Select bit
1 = Increment on high-to-low transition on RA4/T0CKI pin
0 = Increment on low-to-high transition on RA4/T0CKI pin

bit 3 **PSA**: Prescaler Assignment bit
1 = Prescaler is assigned to the WDT
0 = Prescaler is assigned to the Timer0 module

bit 2-0 **PS2:PS0**: Prescaler Rate Select bits

Bit Value	TMR0 Rate	WDT Rate
000	1 : 2	1 : 1
001	1 : 4	1 : 2
010	1 : 8	1 : 4
011	1 : 16	1 : 8
100	1 : 32	1 : 16
101	1 : 64	1 : 32
110	1 : 128	1 : 64
111	1 : 256	1 : 128

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 INTCON REGISTER

The INTCON register is a readable and writable register that contains the various enable bits for all interrupt sources.

Note:	Interrupt flag bits are set when an interrupt condition occurs, regardless of the state of its corresponding enable bit or the global enable bit, GIE (INTCON<7>).

REGISTER 2-3: INTCON REGISTER (ADDRESS 0Bh, 8Bh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF
bit 7							bit 0

bit 7 **GIE:** Global Interrupt Enable bit
1 = Enables all unmasked interrupts
0 = Disables all interrupts

bit 6 **EEIE:** EE Write Complete Interrupt Enable bit
1 = Enables the EE Write Complete interrupts
0 = Disables the EE Write Complete interrupt

bit 5 **T0IE:** TMR0 Overflow Interrupt Enable bit
1 = Enables the TMR0 interrupt
0 = Disables the TMR0 interrupt

bit 4 **INTE:** RB0/INT External Interrupt Enable bit
1 = Enables the RB0/INT external interrupt
0 = Disables the RB0/INT external interrupt

bit 3 **RBIE:** RB Port Change Interrupt Enable bit
1 = Enables the RB port change interrupt
0 = Disables the RB port change interrupt

bit 2 **T0IF:** TMR0 Overflow Interrupt Flag bit
1 = TMR0 register has overflowed (must be cleared in software)
0 = TMR0 register did not overflow

bit 1 **INTF:** RB0/INT External Interrupt Flag bit
1 = The RB0/INT external interrupt occurred (must be cleared in software)
0 = The RB0/INT external interrupt did not occur

bit 0 **RBIF:** RB Port Change Interrupt Flag bit
1 = At least one of the RB7:RB4 pins changed state (must be cleared in software)
0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

© 2001 Microchip Technology Inc.

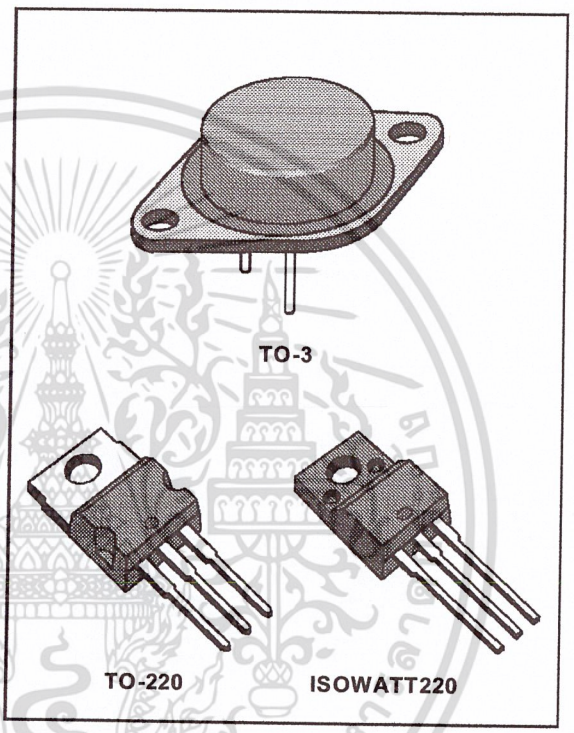
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

L7800 SERIES

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

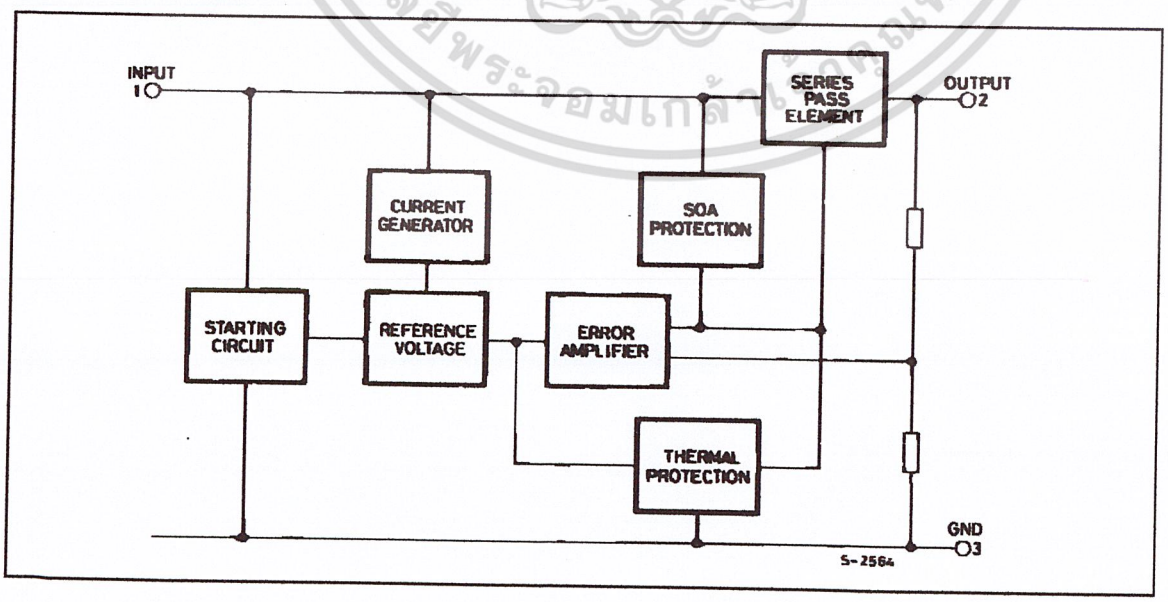
- OUTPUT CURRENT UP TO 1.5A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 20; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSISTOR SOA PROTECTION



DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulator is available in TO-220, ISOWATT220 and TO-3 packages and with several fixed output voltages making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L7800 SERIES

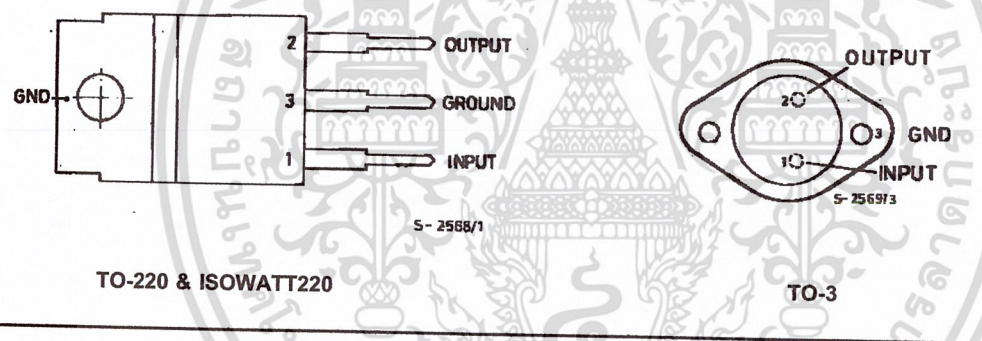
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_i	DC Input Voltage (for V_o = 5 to 18V) (for V_o = 20, 24V)	35 40	V V
I_o	Output Current	Internally limited	
P_{tot}	Power Dissipation	Internally limited	
T_{op}	Operating Junction Temperature (for **L7800**) (for **L7800C**)	– 55 to + 150 0 to + 150	°C °C
T_{stg}	Storage Temperature	– 65 to + 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		TO-220	ISOWATT220	TO-3	Unit
$R_{thj\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	3	4	4	°C/W
$R_{thj\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	50	60	35	°C/W

CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)



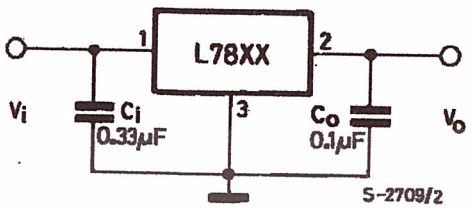
TO-220 & ISOWATT220 TO-3

Type	TO-220	ISOWATT220	TO-3	Output Voltage
L7805			L7805T	5V
L7805C	L7805CV	L7805CP	L7805CT	5V
L7852C	L7852CV	L7852CP	L7852CT	5.2V
L7806			L7806T	6V
L7806C	L7806CV	L7806CP	L7806CT	6V
L7808			L7808T	8V
L7808C	L7808CV	L7808CP	L7808CT	8V
L7885C	L7885CV	L7885CP	L7885CT	8.5V
L7809C	L7809CV	L7809CP	L7809CT	9V
L7812			L7812T	12V
L7812C	L7812CV	L7812CP	L7812CT	12V
L7815			L7815T	15V
L7815C	L7815CV	L7815CP	L7815CT	15V
L7818			L7818T	18V
L7818C	L7818CV	L7818CP	L7818CT	18V
L7820			L7820T	20V
L7820C	L7820CV	L7820CP	L7820CT	20V
L7824			L7824T	24V
L7824C	L7824CV	L7824CP	L7824CT	24V

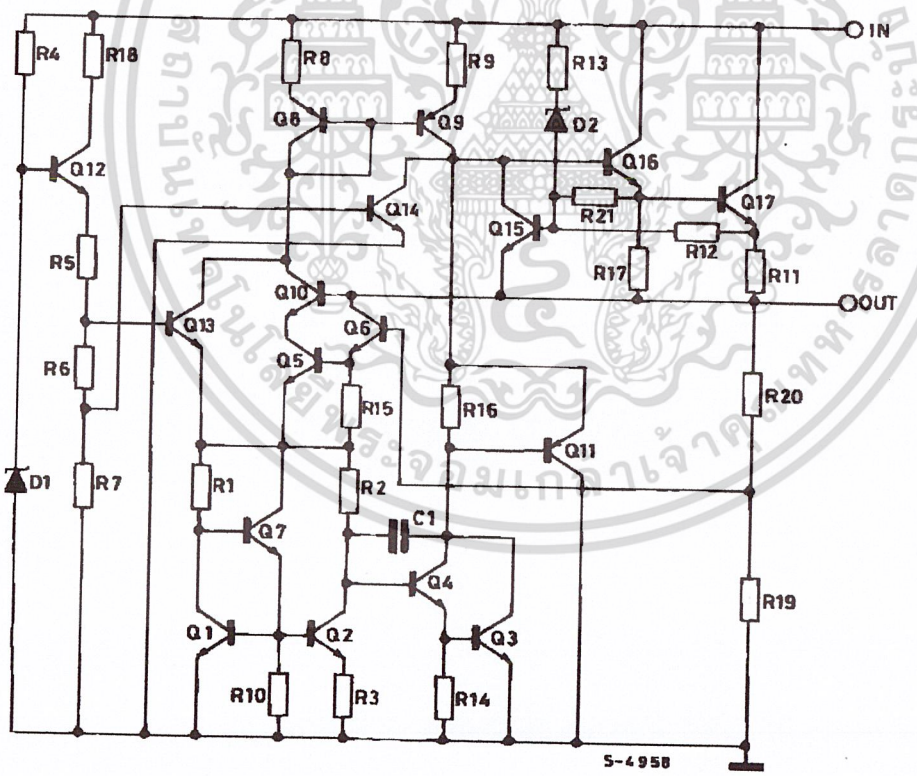
SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION CIRCUIT



SCHEMATIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-4323; Rev 6; 3/96

MAXIM

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, and in particular, for those applications where ±12V is not available.

These parts are particularly useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245-MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers
Low-Power Modems
Interface Translation
Battery-Powered RS-232 Systems
Multi-Drop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- ♦ **Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)**
- ♦ **Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)**
- ♦ **Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications**
- ♦ **Multiple Drivers and Receivers**
- ♦ **3-State Driver and Receiver Outputs**
- ♦ **Open-Line Detection (MAX243)**

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

*Contact factory for dice specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7/10	No		120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes		200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✔	120	MAX241 + receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	–	Yes	✔	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes		120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No		120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No		120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No		200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	–	No		120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	–	No		200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No		120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	–	Yes		120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes		120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No		120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No		120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No		120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes		120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes		120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✔	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No		200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No		120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	–	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	–	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	–	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✔	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✔	120	Available in quad flatpack package

For free samples & the latest literature: http://www.maxim-ic.com, or phone 1-800-998-8800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} - 0.3V)
R_{IN} ..... ±30V
T_{OUT} (Note 1) ..... ±15V
Output Voltages
T_{OUT} ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 440mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _AC_ _, MAX2_ _C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2_ _AE_ _, MAX2_ _E_ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2_ _AM_ _, MAX2_ _M_ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, $\overline{SHDN}$ or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Normal operation			5	40	µA
	$\overline{SHDN}$ = 0V, MAX222/242, shutdown			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V_{CC} = 5.5V, $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	µA
	V_{CC} = $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V			±0.01	±10	
Data Rate	Except MAX220, normal operation			200	116	kbits/ sec
	MAX220			22	20	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V			±7	±22	mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V	Except MAX243 $R2_{IN}$	0.8	1.3		V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V	Except MAX243 $R2_{IN}$		1.8	2.4	V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	Except MAX243, V_{CC} = 5V, no hyst. in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{SHDN}$ = V_{CC} or $\overline{EN}$ = V_{CC} ($\overline{SHDN}$ = 0V for MAX222), 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}			±0.05	±10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
POWER SUPPLY						
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V_{CC} Supply Current ($\overline{SHDN}$ = V_{CC}), Figures 5, 6, 9, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T_A = +25°C		0.1	10	µA
		T_A = 0° to +70°C		2	50	
		T_A = -40° to +85°C		2	50	
		T_A = -55° to +125°C		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
AC CHARACTERISTICS						
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	t_{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	t_{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time ($\overline{SHDN}$ goes high), Figure 4	t_{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time ($\overline{SHDN}$ goes low), Figure 4	t_{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

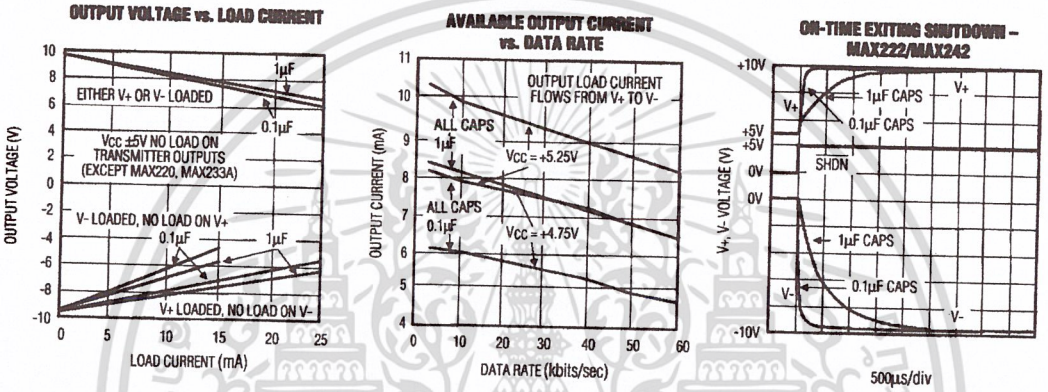
Note 2: MAX243 $R2_{OUT}$ is guaranteed to be low when $R2_{IN}$ ≥ 0V or is floating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230-MAX241

V_{CC} ..... -0.3V to +6V
V+ ..... (V_{CC} - 0.3V) to +14V
V- ..... +0.3V to -14V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} ..... ±30V
Output Voltages
T_{OUT} ..... (V+ + 0.3V) to (V- - 0.3V)
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T_{OUT} ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)....800mW
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)....842mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11 mW/°C above +70°C)...889mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/°C above +70°C).....1.07W
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....500mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....762mW
20-Pin Wide SO (derate 10 00mW/°C above +70°C).....800mW
24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....941mW
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
44-Pin Plastic FP (derate 11.11 mW/°C above +70°C) 889mW
14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....727mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....800mW
20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....889mW
24-Pin Narrow CERDIP
(derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
24-Pin Sidebraze (derate 20.0mW/°C above +70°C).....1.6W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....762mW
Operating Temperature Ranges
MAX2 _ _ C _ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2 _ _ E _ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2 _ _ M _ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230-MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241 V_{CC} = +5V ±10%, MAX233/MAX235 V_{CC} = 5V ±5%, C1-C4 = 1.0µF MAX231/MAX239 V_{CC} = 5V ±10%, V+ = 7.5V to 13.2V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground		±5.0	±7.3		V
V_{CC} Power-Supply Current	No load, T_A = +25°C	MAX232/233		5	10	mA
		MAX223/230/234-238/240/241		7	15	
		MAX231 /239		.4	1	
V+ Power-Supply Current		MAX231		1.8	5	mA
		MAX239		5	15	
Shutdown Supply Current	T_A = +25°C	MAX223		15	50	µA
		MAX230/235/236/240/241		1	10	
Input Logic Threshold Low	T_{IN}; EN, $\overline{SHDN}$ (MAX223), $\overline{EN}$, SHDN (MAX230/235-241)				0.8	V
Input Logic Threshold High	T_{IN}		2.0			V
	EN, $\overline{SHDN}$ (MAX223), $\overline{EN}$, SHDN (MAX230/235/236/240/241)		2.4			
Logic Pull-Up Current	T_{IN} = 0V			1.5	200	µA
Receiver Input Voltage Operating Range			-30		30	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้